



TUGAS AKHIR - TL141584

**PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR ZINC (Zn)
TERHADAP LAJU KOROSI DAN STRUKTUR
MIKRO PADUAN ALUMINIUM-INDIUM-ZINC (Al-
In-Zn) UNTUK APLIKASI ANODA TUMBAL
BERBASIS ALUMINIUM PADA KAPAL**

CHOIRUL ZAKIE FAYAKUN
NRP. 0251 14 40000 118

DOSEN PEMBIMBING :
Dr. Eng Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.
Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL141584

**EFFECT OF ADDITIONAL ELEMENTS OF ZINC
(Zn) ON MICRO CORROSION AND MICRO
STRUCTURE ALUMINUM-INDIUM-ZINC (AL-IN-
ZN) ALUMINUM FOR ALUMINUM BASED
APPLICATIONS ON SHIP**

CHOIRUL ZAKIE FAYAKUN
NRP. 025 1144 0000 118

ADVISORS :
Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.
Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T

Departement of Material Engineering
Faculty of Industrial Technology
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

**PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR ZINC (Zn)
TERHADAP LAJU KOROSI DAN STRUKTUR MIKRO
PADUAN ALUMINIUM-INDIUM-ZINC (Al-In-Zn) UNTUK
APLIKASI ANODA TUMBAL BERBASIS ALUMINIUM
PADA KAPAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Material Manufaktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Insititut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

CHOIRUL ZAKIE FAYAKUN

NRP. 02511440000118

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc. (Pembimbing I)
Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T. (Pembimbing II)



(halaman ini sengaja dikosongkan)



**PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR ZINC (Zn)
TERHADAP LAJU KOROSI DAN STRUKTUR MIKRO
PADUAN ALUMINIUM-INDIUM-ZINC (Al-In-Zn) UNTUK
APLIKASI ANODA TUMBAL BERBASIS ALUMINIUM
PADA KAPAL**

Nama : Choirul Zakie Fayakun
NRP : 02511440000118
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Dr. Eng Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc
Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T

ABSTRAK

Aluminium adalah senyawa yang terletak pada golongan IIIA dalam tabel periodik dengan lambang Al dan nomor atom 13. Aluminium memiliki beberapa sifat karakter fisis antar lain memiliki berat jenis sekitar 2,65-2,8kg/dm³. Seng merupakan logam berwarna putih kebiruan, berkilau, dan bersifat diamagnetic. Seng memiliki titik lebur 420°C dan titik didih 900°C. Indium merupakan logam berwarna putih keperakan. Kepadatan Indium lebih tinggi dari Galium, tetapi lebih rendah dibandingkan Talium. Indonesia adalah negara kemaritiman yang terdiri banyak pulau dan dikelilingi lautan yang luas. Aluminium Zinc dan Indium dapat dipadukan menjadi 1 material logam yang dapat digunakan sebagai anoda tumbal yang dapat diaplikasikan pada kapal guna menghambat terjadinya korosi pada lambung kapal. Pembuatan anoda tumbal dengan material Aluminium Zinc dan Indium ini dilakukan dengan cara meleburkan logam pada tempertaur >700°C. Metode pengecoran pada penelitian ini dilakukan dengan furnace dan dipanaskan hingga >700°. Setelah dilakukan peleburan dilakukan pengujian yang meliputi uji komposisi, uji XRD, uji struktur mikro, ujia kekerasan dan uji tafel. Dari uji komposisi didapatkan komposisi actual berbeda dengan komposisi rancangan. Setelah dilakukan pengujian komposisi, maka dilakukan pengujian XRD dan didapatkan hasil yaitu fasa yang



terbentuk pada coran paduan Al-Zn-In adalah α -Al. Setelah dilakukan pengujian XRD, maka dilakukan pengujian struktur mikro dan didapatkan hasil yaitu fasa α -Al ditunjukkan dengan gambar yang berwarna terang. Setelah dilakukan uji XRD, maka dilakukan uji kekerasan dan didapatkan hasil seiring meningkatnya komposisi Zn, maka akan meningkatkan kekerasan material tersebut, hal ini terjadi karena Zn dan In yang terlarut pada fasa Al. Terakhir dilakukan pengujian tafel, dari hasil pengujian ini didapatkan seiring meningkatnya komposisi Zn, semakin besar juga laju korosi yang terjadi. Dari hasil semua pengujian, didapatkan kesimpulan yaitu, semakin banyak kandungan Zn dalam paduan Al-Zn-In, maka akan semakin sedikit fasa Al yang terbentuk dan semakin banyak kandungan Zn yang ada pada paduan, maka laju korosi semakin meningkat, hal ini dikarenakan Zn yang terlarut menyebabkan tegangan.

Kata Kunci : Pengecoran, Aluminium, Zinc, Anoda tumbal, Korosi



**EFFECT OF ADDITIONAL ELEMENTS OF ZINC (Zn) ON
MICRO CORROSION AND MICRO STRUCTURE
ALUMINUM-INDIUM-ZINC (AL-IN-ZN) ALUMINUM
FOR ALUMINUM BASED APPLICATIONS ON SHIP**

Name : Choirul Zakie Fayakun
NRP : 02511440000118
Department : Teknik Material
Advisors : Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc
Alvian Toto Wibisono, S.T., M.T

ABSTRACT

Aluminum is a compound located in class IIIA in the periodic table with Al placemats and atomic number 13. Aluminum has several properties of physical characters among others have a specific gravity of about 2.65-2.8kg / dm³. Zinc is a bluish-white, shimmering, and diamagnetic metal. Zinc has a melting point of 420 ° C and a boiling point of 900 ° C. Indium is a silvery-white metal. Indium density is higher than Galium, but lower than Thallium. Indonesia is a maritime country which consists of many islands and is surrounded by vast oceans. Aluminum Zinc and Indium can be combined into 1 metal material that can be used as a sacrificial anode that can be applied to the ship to inhibit the occurrence of corrosion on the hull of the ship. The making of sacrificial anodes with Zinc and Indium Aluminum materials is done by melting the metal at temperature > 700 ° C. The foundry method in this study was done with furnace and heated to > 700 °. After melting the test is done which includes composition test, XRD test, microstructure test, hardness test and tafel test. From the composition test, the actual composition is different from the design composition. After testing the composition, the XRD test was performed and the results obtained were the phases formed on Al-Zn-In alloy castings were α -Al. After XRD testing, microstructure testing was done and the results obtained were α -Al phases represented by brightly colored images. After XRD test,



the hardness test and the result obtained with the increase of Zn composition, it will increase the hardness of the material, this happens because Zn and In are dissolved in phase Al. Finally, tafel testing is done, from the results of this test is obtained as the Zn composition increases, the greater the corrosion rate that occurs. From the results of all the tests, it can be concluded that the more Zn content in Al-Zn-In alloy, the less Al phase will be formed and the more Zn content present in the alloy, the corrosion rate will increase, this is because the Zn dissolved causes voltage.

Keywords : *Casting, Aluminum, Zinc, sacrificial anode, corrosion*



KATA PENGANTAR

PUJI SYUKUR PENULIS PANJATKAN KEHADIRAT Allah SWT yang telah memberikan rahmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta menyusun laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR ZINC (Zn) TERHADAP LAJU KOROSI DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM-INDIUM-ZINC (Al-In-Zn) UNTUK APLIKASI ANODA TUMBAL BERBASIS ALUMINIUM PADA KAPAL”**. Laporan tugas akhir ini dibuat untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa di Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan, diantaranya

1. Allah SWT berkat pertolongan dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah menjadi sumber motivasi dalam pembuatan laporan ini, serta telah mendukung secara moril maupun materiil, dan doa yang selalu dipanjatkan demi keehatan, keselamatan, dan kelancaran dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
3. Dr. Agung Purniawan S.T, M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS.
4. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta S.T., M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Material FTI-ITS dan dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

5. Alviaan Toto Wibisono, S.T., M.T selaku dosen pembimbing dua Tugas Akhir yang telah membimbing, membantu, dan memberikan banyak ilmu kepada penulis dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
6. Rindang Fajarin S.Si, M.Si selaku dosen wali yang telah membantu penulis menjalani pendidikan di Departemen Teknik Material FTI-ITS.
7. Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc. selaku dosen wali yang telah membantu penulis menjalani pendidikan di Departemen Teknik Material FTI-ITS.
8. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.
9. Keluarga MT16 yang penulis sayangi, yang telah menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Material FTI-ITS.
10. Keluarga kucing 69 yang penulis sayangi, yang telah menemani, mendukung, serta menghibur penulis.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Surabaya 2018

Choirul Zakie Fayakun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
LEMBAR PENGESAHAN.....	V
ABSTRAK.....	III
KATA PENGANTAR.....	XI
DAFTAR ISI.....	XIII
DAFTAR GAMBAR.....	XVII
DAFTAR TABEL.....	XXI
BAB I PENDAHULUAN.....	XXI
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Aluminium (Al).....	5
2.2 Zinc (Zn)	8
2.3 Indium (In)	9
2.4 Diagram Fasa.....	9
2.4.1 Diagram fasa Al – Zn	10
2.5 Kapal	11
2.6 Korosi	14
2.6.1 Proteksi Korosi	15
2.7 Anoda Tumbal.....	16
2.7.1 Anoda Tumbal Tipe Las dan Baut.....	19



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

2.7.2 Anoda Tumbal Al.....	20
2.8 Pengecoran	21
2.9 Sand Casting	22
2.10 Gating System	23
2.11 Shrinkage Allowance	35
2.12 Draft Allowance	38
2.13 Penelitian Yang Pernah Dilakukan.....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	43
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	43
3.2 Material yang Digunakan	45
3.3 Alat	45
3.4 Variabel Penelitian	49
3.5 Prosedur Penelitian.....	49
3.5.1 Preparasi Cetakan.....	54
3.6 Proses Pengujian.....	55
3.6.1 Pengujian Komposisi Kimia	55
3.6.2 Pengujian Struktur Mikro.....	56
3.6.3 Pengujian Kekerasan	57
3.6.4 Pengujian Tafel	58
3.6.5 Pengujian Fasa.....	59
3.7 Rancangan Kegiatan.....	60
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Pengamatan Hasil Peleburan Paduan Al-In-Zn	61
4.2 Komposisi Kimia Paduan Al-In-Zn.....	63
4.3 Pengujian XRD Hasil Coran Paduan Al-In-Zn	64
4.4 Pengujian Metalografi Hasil Coran Paduan Al-In-Zn.....	65
4.5 Pengujian Kekerasan Hasil Coran Paduan Al-In-Zn.....	66
4.6 Pengujian Tafel Hasil Coran Paduan Al-In-Zn	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	XXI
LAMPIRAN.....	XXV
BIODATA PENULIS	XXIX



(halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Al-Zn (Hafizh, 2009).....	11
Gambar 2.2 Kapal Tangker yang Mengangkut Minyak Mentah (Sumaryanto, 2013).....	12
Gambar 2.3 Kapal Perang (Sumaryanto, 2013).....	13
Gambar 2.4 Kapal Rumah Sakit (Sumaryanto, 2013).....	13
Gambar 2.5 Proteksi Katodik Metode Arus Terpasang (Trethewey, 1991).....	16
Gambar 2.6 Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal (Trethewey, 1991).....	17
Gambar 2.7 Anoda Tumbal Tipe Las (Ampak, 1994).....	20
Gambar 2.8 Anoda Tumbal Tipe Baut (Ampak, 1994).....	20
Gambar 2.9 Kegiatan Pengecoran Logam (Mursidi, 2013).....	22
Gambar 2.10 Proses Pengecoran Logam dengan Cetakan Pasir (Mursidi, 2013).....	23
Gambar 2.11 <i>Gating System</i> (Singh, 2016).....	24
Gambar 2.12 <i>Pouring Basin</i> (Rao, 2001).....	25
Gambar 2.13 Ukuran <i>Sprue</i> dan <i>Pouring Basin</i> (Rao, 2001).....	26
Gambar 2.14 Tipe <i>Sprue</i> (Rao, 2001).....	27
Gambar 2.15 <i>Runner Type (a) Runner full; (b) Runner partially full</i> (Rao, 2001).....	28
Gambar 2.16 Tipe <i>ingate (a) Top gate; (b) Bottom gate; (c) Parting gate; (d) Step gate</i> (Rao, 2001).....	30
Gambar 2.17 Grafik Metode <i>Caine's</i> (Rao, 2001).....	33
Gambar 2.18 Grafik Metode <i>Naval Research Laboratory</i> (Rao, 2001).....	34
Gambar 2.19 Jangkauan Satu <i>Riser</i> (Rao, 2001).....	35
Gambar 2.20 Jangkauan <i>Riser</i> yang ditambahkan <i>chill</i> (Rao, 2001).....	35



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

Gambar 2.21 Mikro struktur pada temperature] cetakan 400°C dan temperatur <i>pouring</i> 750°C. (a) sebelum polarisasi, 100X; (b) terbentuk lubang akibat korosi setelah polarisasi, 50X; (c) setelah polarisasi, 500X (Keyvani, 2005).....	41
Gambar 2.22 hasil mikrostruktur menggunakan SEM pada <i>temperature</i> cetakan 400°C dan temperatur <i>pouring</i> 710°C. (a) sebelum polarisasi, 500x; (b) setelah polarisasi, 200x; setelah polarisasi 500x. (Keyvani, 2005)	42
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	44
Gambar 3.2 <i>Electric Resistance Furnace</i>	46
Gambar 3.3 Crucible Grafit.....	46
Gambar 3.4 Benda Hasil Coran.....	47
Gambar 3.5 Timbangan Digital.....	48
Gambar 3.6 Skema Peleburan dengan <i>Electric Furnace</i>	54
Gambar 3.7 Cetakan Pasir pada Proses Pengecoran	55
Gambar 3.8 Prinsip Pengujian OES (Boss, 2004).....	56
Gambar 3.9 Alur Sinar pada Pengamatan Metalografi (Kaufmann, 2003).....	57
Gambar 3.10 Mesin Universal <i>Hardness Tester</i> HBRV-187.5A	58
Gambar 3.11 Prinsip Kerja Uji Tafel	59
Gambar 3.12 Prinsip Kerja XRD (Fridawati, 2008).....	60
Gambar 4.1 Hasil Coran Paduan Al-In-Zn (a) Al-0,01In (b) Al-0,01In-2Zn (c) Al-0,01In-4Zn (d) Al-0,01In-6Zn	61
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian XRD	64
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Metalografi (a) Zn 0% perbesaran 100x (b) Zn 2% perbesaran 100x (c) Zn 4% perbesaran 100x (d) Zn 6% perbesaran 100x.....	66
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Penambahan Unsur Zn Terhadap Nilai kekerasan Paduan Al-In-Zn.....	67
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Tafel Dengan Penambahan Unsur Zn	69



Gambar 4.6 Grafik Laju Korosi	70
-------------------------------------	----



(halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat mekanis Al murni (Syarifa, 2017)	6
Tabel 2.2 Ciri-ciri umum dan sifat fisik Zn (Ananda, 2017).....	8
Tabel 2.3 Potensial Elektroda Standar (Trethewey, 1991).....	17
Tabel 2.4 Anoda Tumbal Paduan Zinc Pada Air Laut (BKI vol 2 sec 38, 2017)	18
Tabel 2.5 Anoda Tumbal Paduan Aluminium Pada Air Laut (BKI vol 2 sec 38, 2017)	18
Tabel 2.6 <i>Ratio gating system</i> (Rao, 2001)	29
Tabel 2.7 Volum penyusutan <i>liquid</i> (Rao, 2001)	32
Tabel 2.8 <i>Shrinkage Allowance</i> untuk beberapa Logam (Rao, 2001).....	36
Tabel 2.9 Nilai <i>Draft Pattern</i> (Rao,2001)	38
Tabel 2.10 Analisa Komposisi Al-Zn-In (Keyvani, 2005).....	39
Tabel 2.11 Hasil Efek Temperatur <i>Pouring</i> dan Temperatur Cetakan Pada Anoda (Keyvani, 2005)	40
Tabel 3.1 perhitungan <i>gating system</i>	51
Tabel 3.2 komposisi raw material input	53
Tabel 3.3 Rancangan Penelitian	60
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Material Paduan (wt%)	63
Tabel 4.2 Nilai Kekerasan Paduan Al-In-Zn.....	67
Tabel 4.3 Hasil Uji Tafel Paduan Al-Zn-In.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium adalah senyawa logam yang terletak pada golongan IIIA, dengan lambang unsur Al dan memiliki nomor atom 13. Logam aluminium merupakan logam yang memiliki kelimpahan terbesar di bumi. Logam aluminium memiliki sifat ringan yang pemanfaatannya sangat luas, selain ringan juga aluminium memiliki kelebihan menghantarkan panas yang baik. Aluminium pertama kali ditemukan oleh Sir Humprey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi oleh HC Oersted tahun 1825. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton per tahun pada tahun 1981. Material ini digunakan dalam bidang yang sangat luas, tidak hanya pada peralatan rumah tangga tetapi juga dipakai untuk keperluan pesawat terbang, kapal, mobil, dan konstruksi. (Syarifa, 2017)

Aluminium mempunyai beberapa sifat-sifat karakter fisis antara lain memiliki berat jenis sekitar 2,65-2,8 kg/dm³, mempunyai daya hantar listrik dan panas yang baik, tahan terhadap korosi, dalam beberapa bahan, titik lebur 658⁰C dan susunan atom face centered cubic. Aluminium murni mempunyai beberapa kekurangan seperti memiliki sifat mampu cor dan mekanik kurang baik, sehingga jarang dipergunakan untuk kebutuhan teknik yang memerlukan ketelitian dan persyaratan kekuatan bahan yang tinggi. (Syarifa, 2017)

Metodologi yang digunakan adalah metode pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*). Pada dasarnya, pengecoran dengan pasir ini digunakan untuk mengolah logam bertemperatur rendah, seperti besi, tembaga, nikel, magnesium dan aluminium. Pengecoran dengan pasir ini juga dapat digunakan pada logam bertemperatur tinggi, namun untuk bahan logam selain itu tidak akan bisa diproses. Pengecoran ini adalah teknik tertua dan paling dipahami hingga sekarang (Mursidi, 2013)



Anoda tumbal merupakan salah satu metode proteksi katodik untuk penanggulangan korosi dengan memanfaatkan deret galvanik untuk memilih suatu bahan yang bila digandengkan dengan logam yang ingin dilindungi, akan menjadi anoda (Trethewey, 1991)

Anoda tumbal dapat dibuat dengan bermacam macam material dengan paduannya. Anoda tumbal digunakan untuk melindungi suatu material dari korosi. Biasanya anoda tumbal digunakan untuk melindungi besi dan baja dari korosi, maka pemilihan anoda tumbal dapat dilihat dari deret galvanic dimana pemilihannya dengan cara memilih potensial yang lebih aktif daripada besi dan baja.

Anoda tumbal pada kapal memiliki 2 jenis yaitu anoda tumbal jenis las dan baut. Anoda tumbal jenis las biasa digunakan untuk jenis kapal yang membutuhkan rentang umur panjang. Sedangkan untuk tipe baut dipilih untuk kapal yang dirancang dengan mudah untuk diganti anoda tumbalnya. Anoda tumbal pada kapal berfungsi sebagai penghambat korosi pada lambung kapal, dimana lambung kapal tersebut berkontak langsung dengan air laut yang sangat korosif.

Pada penelitian kali ini anoda tumbal akan dibuat dengan cara meleburkan logam Aluminium dengan mevariasika kandungan Zn yaitu 0%, 2%, 4%, dan 6%. Kemudian akan dibandingkan keefektifannya dengan pengujian korosi. Ditunjukkan dengan hasil uji korosi yang memiliki sifat paling korosif terhadap air laut.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh komposisi Zn terhadap struktur mikro dan kekerasan paduan Al-In-Zn?
2. Bagaiman pengaruh penambahan Zn terhadap potensial dan laju korosi pada paduan Al-In-Zn?

BAB I PENDAHULUAN



I.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Tekanan dianggap konstan pada saat proses peleburan.
2. Temperature pouring dianggap konstan pada proses penuangan pada cetakan.
3. Distribusi paduan dianggap homogen

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh komposisi Zn terhadap struktur mikro dan kekerasan paduan Al-In-Zn.
2. Menganalisis pengaruh penambahan Zn terhadap potensial dan laju korosi pada paduan Al-In-Zn.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui pengaruh penambahan kadar Zn terhadap struktur mikro, kekerasan, dan keefektifan terhadap korosi pada paduan Al-In-Zn sehingga dapat menghasilkan produk anoda tumbal yang efektif untuk kapal dan dapat digunakan dalam pengembangan penelitian selanjutnya.



(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium (Al)

Logam aluminium adalah senyawa logam yang terletak pada golongan III A, dengan lambang unsur Al dan memiliki nomer atom 13. Logam yang mempunyai sifat ringan yang pemanfaatannya sangat luas. Selain ringan juga memiliki kelebihan lain seperti pengantar panas yang baik. Aluminium ditemukan pertama kali oleh Sir Humprey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi oleh HC Oersted tahun 1825. Penggunaan logam aluminium sebagai logam setiap tahunnya pada urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non fero.

Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton per tahun pada tahun 1981. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, dan konstruksi.

Aluminium mempunyai beberapa sifat-sifat karakter fisis antara lain memiliki berat jenis sekitar 2,65-2,8 kg/dm³, mempunyai daya hantar listrik dan panas yang baik, tahan terhadap korosi, dalam beberapa bahan, titik lebur 658⁰C dan susunan atom *face centered cubic*. Aluminium murni mempunyai beberapa kekurangan seperti memiliki sifat mampu cor dan mekanik kurang baik, sehingga jarang dipergunakan untuk kebutuhan teknik yang memerlukan ketelitian dan persyaratan kekuatan bahan yang tinggi. (Syarifa, 2017)



Tabel 2.1 Sifat-sifat mekanis Al murni (Syarifa, 2017)

Sifat-sifat	Kemurnian			
	99,996		>99,9	
	Danil	75% dirol dingin	Danil	H18
Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Sifat umum dari beberapa jenis paduan alumunium (Katsas dkk, 2005) :

1. Jenis Al-murni (seri 1xxx)
Jenis ini adalah aluminium dengan kemurnian antara 99,0 % dan 99,9 %. Aluminium dalam seri ini di samping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu-las dan mampu-potong. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya yang rendah.
2. Jenis paduan Al-Cu (seri 2xxx)
Jenis ini adalah jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila disbanding dengan jenis paduan yang lainnya. Sifat mampu-lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keeling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



3. Jenis paduan Al-Mn (seri 3xxx)
Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlakukan sehingga menaikkan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Dibandingkan dengan jenis Al-murni paduan ini mempunyai sifat yang sama dalam hal daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya. Dalam hal kekuatan jenis ini lebih unggul dari pada jenis Al-murni.
4. Jenis paduan Al-Si (seri 4xxx)
Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlakukan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat tersebut maka, paduan jenis ini banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun tempa.
5. Jenis paduan Al-Mg (seri 5xxx)
Jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlakukan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan ini banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum tetapi juga untuk tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.
6. Jenis paduan Al-Mg-Si (seri 6xxx)
Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlakukan dan mempunyai sifat mampu-potong, mampu-las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.
7. Jenis paduan Al-Zn (seri 7xxx)
Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlakukan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu, dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari



50 kg/mm², sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralium. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu-las dan daya tahan terhadap korosi kurang menguntungkan. Dalam waktu akhir-akhir ini paduan Al-Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan tahan korosi yang lebih baik dari paduan dasar Al-Zn. Di samping itu juga pelunakan pada daerah las dapat mengeras kembali karena pengerasan ilmiah.

2.2 Zinc (Zn)

Seng merupakan logam yang berwarna putih kebiruan, berkilau, dan bersifat diamagnetik. Walau demikian, kebanyakan seng mutu komersial tidak berkilau. Seng sedikit kurang padat daripada besi dan berstruktur kristal heksagonal. (Lehto, 1968)

Logam ini keras dan rapuh pada kebanyakan suhu, namun menjadi dapat ditempa antara 100 sampai dengan 150 °C. Di atas 210 °C, logam ini kembali menjadi rapuh dan dapat dihancurkan menjadi bubuk dengan memukul-mukunya. Seng juga mampu menghantarkan listrik. Dibandingkan dengan logam-logam lainnya, seng memiliki titik lebur (420 °C) dan titik didih (900 °C) yang relatif rendah. Dan sebenarnya pun, titik lebur seng merupakan yang terendah di antara semua logam-logam transisi selain raksa dan kadmium. (Ananda, 2017)

Tabel 2.2 Ciri-ciri umum dan sifat fisik Zn (Ananda, 2017)

Ciri-ciri umum	
Nama, lambing, nomor atom	Seng, Zn, 30
Dibaca	/ˈzɪŋk/ ZINGK
Golong, priode, blok	12, 4, d
Massa atom standar	65.38(2)(4)
Konfigurasi electron	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 2, 8, 18, 2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Sifat Fisik	
Fase	<i>Solid</i>
Massa jenis (mendekati suhu kamar)	7.14 g.cm ⁻³
Massa jenis cairan pada t.l.	6.57 g.cm ⁻³
Titik lebur	692.68 K, 419.53°C, 787.15°F
Titik didih	1180K, 907°C, 1665°F
Kalor peleburan	7.32 kJ.mol ⁻¹
Kalor penguapan	123.6 kJ.mol ⁻¹
Kapasitas kalor	25.470 J.mol ⁻¹ .K ⁻¹

2.3 Indium (In)

Indium merupakan logam berwarna putih keperakan. Kepadatan indium lebih tinggi dari galium, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan talium. Pada 1863, para ahli kimia Jerman Ferdinand Reich dan Hieronymous Theodor Richter menguji bijih dari tambang sekitar Freiberg, Saxony. Mereka menguraikannya dalam asam klorida dan seng klorida. Pada tahun 1924, indium ditemukan memiliki kemampuan yang berharga untuk menstabilkan logam non-ferrous. Awal produksi indium semikonduktor dimulai pada tahun 1952. Indium diproduksi terutama dari residu yang dihasilkan selama pengolahan bijih seng, ditemukan dalam besi, timah, dan bijih tembaga. Penerapan skala besar pertama untuk indium adalah sebagai pelapis untuk bantalan dalam performa tinggi mesin pesawat selama Perang Dunia II

2.4 Diagram Fasa

Fasa adalah bagian homogen dari suatu sistem yang memiliki sifat fisik dan kimia yang seragam. Untuk mempelajari paduan dibuatlah kurva yang menghubungkan antara fasa, komposisi dan temperatur. Diagram fasa adalah suatu grafik yang merupakan representasi tentang fasa-fasa yang ada dalam suatu material pada variasi temperatur, tekanan dan komposisi. Pada umumnya diagram fasa dibangun pada keadaan kesetimbangan



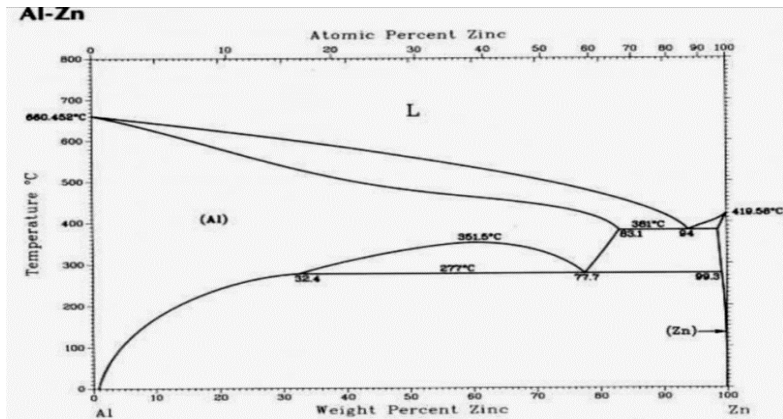
(kondisinya adalah pendinginan yang sangat lambat). Diagram ini dipakai untuk mengetahui dan memprediksi banyak aspek terhadap sifat material. (Rizqi, 2012)

Informasi penting yang dapat diperoleh dari diagram fasa adalah:

1. Memperlihatkan fasa-fasa yang terjadi pada perbedaan komposisi dan temperature dibawah kondisi pendinginan yang sangat lambat.
2. Mengindikasikan kesetimbangan kelarutan padat satu unsur atau senyawa pada unsur lain.
3. Mengindikasikan pengaruh temperatur dimana suatu paduan dibawah kondisi kesetimbangan mulai membeku dan pada rentang temperatur tertentu pembekuan terjadi.
4. Mengindikasikan temperatur dimana perbedaan fasa-fasa mulai mencair.

2.4.1 Diagram fasa Al – Zn

Paduan aluminium dengan seng merupakan paduan yang paling terkenal karena merupakan bahan pembuat badan dan sayap pesawat terbang. Paduan ini memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan paduan lainnya, aluminium dengan 5,5% seng dapat memiliki kekuatan tensil sebesar 580 MPa dengan elongasi sebesar 11% dalam setiap 50 mm bahan. Bandingkan dengan aluminium dengan 1% magnesium yang memiliki kekuatan tensil sebesar 410 MPa namun memiliki elongasi sebesar 6% setiap 50 mm bahan. (Hafizh, 2009)



Gambar 2.1 Diagram Fasa Al-Zn (Hafizh, 2009)

2.5 Kapal

Kapal, adalah *kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut (sungai dsb)* seperti halnya sampan atau perahu yang lebih kecil. Kapal biasanya cukup besar untuk membawa perahu kecil seperti sekoci. Sedangkan dalam istilah inggris, dipisahkan antara *ship* yang lebih besar dan *boat* yang lebih kecil. Secara kebiasaannya kapal dapat membawa perahu tetapi perahu tidak dapat membawa kapal. Ukuran sebenarnya dimana sebuah perahu disebut kapal selalu ditetapkan oleh undang-undang dan peraturan atau kebiasaan setempat. (Sumaryanto, 2013)

Pengelompokan tipe kapal menurut fungsinya dapat dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

1. Kapal niaga dan komersil;

Yang termasuk sebagai kapal niaga dan komersil antara lain adalah kapal angkut, kapal penumpang, kapal ikan dan kapal tunda. Kapal angkut bisa berupa kapal cargo, kapal container, maupun semi container (perpaduan antara kapal cargo dan container), kapal feri dan juga kapal tangker.



Gambar 2.2 Kapal Tangker yang Mengangkut Minyak Mentah
(Sumaryanto, 2013)

2. Kapal perang

Kapal Perang Kapal perang diklasifikasi menjadi beberapa tipe antara lain kapal tempur, patroli, kapal pendukung. Ada juga kapal perang yang dibuat secara khusus seperti kapal induk yang mengangkut pesawat dalam jumlah besar, helicopter, tank dan peralatan tempur lainnya. Kapal lain yang dirancang secara khusus antara lain kapal peluncur peluru kendali, kapal penghancur dan kapal selam.

Kapal perang adalah kapal paling modern dalam hal teknologi, di sini segi ekonomis menjadi pertimbangan kedua. Kapal perang khususnya kapal patroli dan kapal penghancur mengutamakan kecepatan dan *maneuver* yang baik. Untuk itu lambung kapal perang jenis ini berbentuk planning hull untuk mendukung kebutuhan operasionalnya.



Gambar 2.3 Kapal Perang (Sumaryanto, 2013)

3. Kapal-kapal Khusus

Kapal yang mempunyai tugas khusus, artinya bukan untuk pengangkutan, disebut juga sesuai dengan tugas pekerjaan yang dilaksanakan. Berikut ini adalah jenis jenis kapal khusus Kapal Keruk (dredger), Kapal Penangkap Ikan, Kapal Pemadam Kebakaran, Kapal Peneliti dan Kapal Rumah Sakit (Gambar 2.4) (Sumaryanto, 2013).



Gambar 2.4 Kapal Rumah Sakit (Sumaryanto, 2013)



2.6 Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, 1991). Suatu korosi dapat terjadi apabila memiliki anoda, katoda, media elektrolit, adanya arus listrik akibat pergerakan elektron (Chodijah, 2008). Masalah korosi bukan hanya sebatas larutan yang asam saja, tetapi masalah komponen – komponen dari suatu struktur atau bagian – bagian suatu mesin yang menggunakan lebih dari satu jenis logam ataupun non-logam. Dua logam yang berdekatan atau dalam satu lingkungan basah, dan mempunyai beda potensial yang jauh, maka terciptalah daerah anoda dan katoda di kedua logam tersebut yang biasa disebut reaksi dwi logam (Iswanto, 2011).

Ada beberapa pengaruh lingkungan korosi secara umum, yaitu sebagai berikut (Nurul, 2012):

- a. Lingkungan air. Air atau uap air dalam jumlah sedikit atau banyak akan mempengaruhi tingkat korosi pada logam.
- b. Lingkungan udara. Temperatur, kelembaban relatif, partikel - partikel abrasif, dan ion - ion agresif yang terkandung dalam udara sekitar sangat mempengaruhi laju korosi.
- c. Lingkungan asam, basa, dan garam. Pada lingkungan air laut, dengan konsentrasi NaCl atau jenis garam - garam lain seperti KCl bervariasi akan menyebabkan laju korosi logam cepat.

Korosi pada permukaan suatu logam dapat dipercepat oleh beberapa faktor, antara lain (Widharto, 2001):

1. Kontak langsung antara logam dengan H_2O dan O_2
2. Keberadaan zat pengotor.
3. Kontak dengan elektrolit
4. Temperatur
5. pH
6. Mikroba

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



2.6.1 Proteksi Korosi

Pengendalian korosi bisa dilakukan dengan berbagai cara, yaitu (Trethewey, 1991): modifikasi rancangan, modifikasi lingkungan, pemberian lapisan pelindung, pemilihan bahan, dan proteksi katodik.

Metode pengendalian selalu harus menjadi bagian dari konsep perancangan secara keseluruhan, jadi sama kedudukannya dengan parameter - parameter perancangan lain seperti perhitungan tegangan, lelah, dan teknik - teknik fabrikasi (Trethewey, 1991).

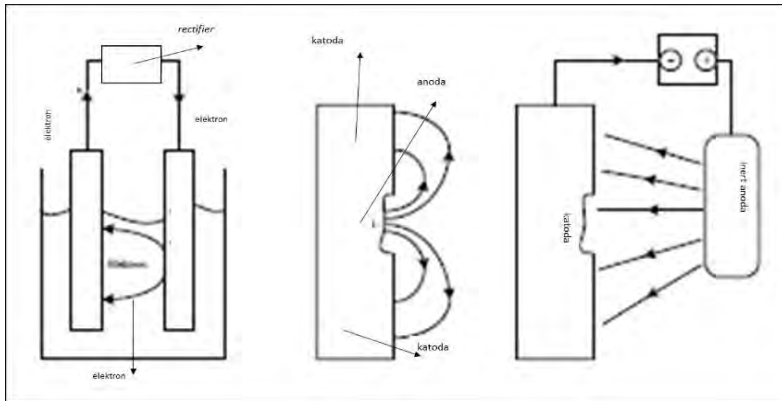
Proteksi katodik adalah sistem perlindungan permukaan logam dengan cara melakukan arus searah yang memadai ke permukaan logam dan mengkonversikan semua daerah anoda di permukaan logam menjadi daerah katoda. Sistem ini hanya efektif untuk sistem - sistem yang terbenam dalam air atau di dalam tanah. Sistem perlindungan ini telah berhasil mengendalikan proses korosi untuk kapal - kapal laut, struktur pinggir pantai, instalasi pipa dan tangki bawah tanah atau laut, dan sebagainya. (Chodijah, 2008):

a. Cara metode anoda tumbal

Proteksi katodik metoda anoda tumbal adalah suatu penanggulangan korosi yang memanfaatkan deret galvanik untuk memilih suatu bahan yang bila digandengkan dengan logam yang ingin dilindungi, akan menjadi anoda (Trethewey, 1991).

b. Cara katodik arus terpasang (ICCP)

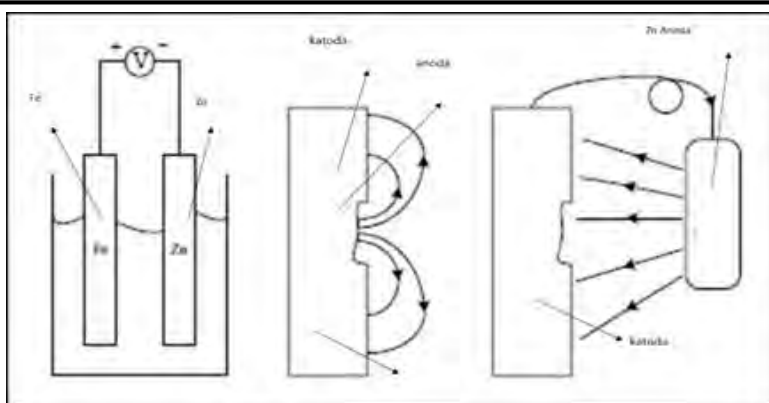
Proteksi katodik menggunakan arus terpasang tidak jauh berbeda dengan metoda anoda tumbal, hanya saja ada beberapa bagian yang tidak dimiliki oleh sistem anoda tumbal seperti *rectifier* dan juga anoda yang tidak akan termakan Gambar 2.5. *Rectifier* mengubah catu arus searah yang tersedia secara lokal menjadi arus searah dengan tegangan yang dibutuhkan. Catu daya tersebut biasanya dibuat khusus untuk setiap penerapan.



Gambar 2.5 Proteksi Katodik Metode Arus Terpasang
(Trethewey, 1991)

2.7 Anoda Tumbal

Anoda tumbal merupakan salah satu metode proteksi katodik untuk penanggulangan korosi dengan memanfaatkan deret galvanik untuk memilih suatu bahan yang bila digandengkan dengan logam yang ingin dilindungi, akan menjadi anoda (Trethewey, 1991). Gambar 2.6 memperlihatkan contoh proteksi katodik metoda anoda tumbal.



Gambar 2.6 Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal
(Trethewey, 1991)

Karena bahan yang paling sering membutuhkan perlindungan adalah besi baja, maka dapat dilihat dari deret galvanik bahwa semua logam yang potensialnya lebih aktif dibanding besi baja, menurut teori dapat digunakan Tabel 2.3 menunjukkan deret potensial standar.

Tabel 2.3 Potensial Elektroda Standar (Trethewey, 1991)

Reaksi Elektroda	E° (volt)
$\text{Au}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Au}$	+1,68
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Pt}$	+1,20
$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Hg}$	+0,85
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}$	+0,80
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$	+0,34
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Pb}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Sn}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cd}$	-0,40
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}$	-0,44



$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Cr}$	-0,71
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Al}$	-1,67
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Mg}$	-2,34
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}$	-2,71
$\text{Ca}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ca}$	-2,87
$\text{K}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{K}$	-2,92

Standar anoda tumbal yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan 2.5

Tabel 2.4 Anoda Tumbal Paduan Zinc Pada Air Laut (BKI vol 2 sec 38, 2017)

Element	KI-Zn1	KI-Zn2
Al	0,10-0,50	$\leq 0,10$
Cd	0,025-0,07	$\leq 0,004$
Cu	$\leq 0,005$	$\leq 0,005$
Fe	$\leq 0,005$	$\leq 0,0014$
Pb	$\leq 0,006$	$\leq 0,006$
Zn	$\geq 99,22$	$\geq 99,98$
Potential (T=20°C)	-1,03 V Ag/AgCl/Seawater	-1,03 V Ag/AgCl/Seawater
Qg (T=20°C)	780 Ah/kg	780 Ah/kg
Efficiency (T=20°)	95%	

Tabel 2.5 Anoda Tumbal Paduan Aluminium Pada Air Laut (BKI vol 2 sec 38, 2017)

Element	KI-Al1	KI-Al2	KI-Al3
Si	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	Si + Fe
Fe	$\leq 0,10$	$\leq 0,13$	$\leq 0,10$
Cu	$\leq 0,005$	$\leq 0,005$	$0 \leq 0,02$
Mn	N/A	N/A	0,15-0,50

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Zn	2,0-6,0	4,0-6,0	2,0-5,0
Ti	-	-	0,01-0,05
In	0,01-0,03	-	0,01-0,05
Sn	-	0,05-0,15	-
Other El.	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	$\leq 0,15$
Al	Remainder	Remainder	Remainder
Potential I (T=20° C)	-1,05 V Ag/AgCl/Seawater	-1,05 V Ag/AgCl/Seawater	-1,05 V Ag/AgCl/Seawater
Qg (T=20° C)	2000 Ah/kg	2000 Ah/kg	2700 Ah/kg
Efficiency (T=20° C)	95%		

2.7.1 Anoda Tumbal Tipe Las dan Baut

Untuk pengoperasian anoda yang baik, sangat penting untuk memiliki konduktivitas listrik yang baik antara struktur kapal dan anoda. Hal ini bisa didapat baik dengan pengelasan atau mengunci (tipe baut) anoda ke struktur kapal (Ampak, 1994).

1. Anoda Tumbal Tipe Las

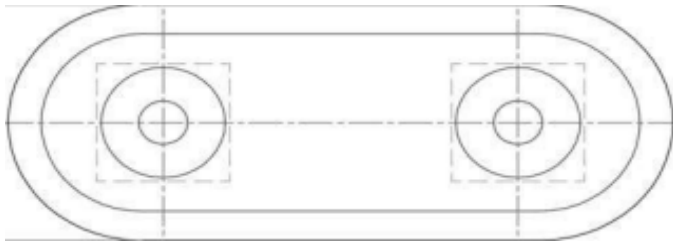
Pengelasan pada anoda direkomendasikan pada kapal yang membutuhkan rentang umur yang panjang atau di mana anoda mengalami getaran, agitasi, abrasi atau dampak fisik yang signifikan. Untuk memastikan kontinuitas dan pemasangan aman 100%, anoda las paling baik. Tali las biasanya dilemparkan ke inti baja ke anoda agar mudah diperbaiki (Ampak, 1994).



Gambar 2.7 Anoda Tumbal Tipe Las (Ampak, 1994)

2. Anoda Tumbal Tipe Baut

Anoda tipe baut memiliki berbagai pusat stud dan diameter lubang yang sesuai dengan semua kapal yang dirancang. Pemasangan anoda tipe baut adalah cara cepat dan efektif untuk mengamankan anoda tanpa memerlukan alat khusus (Ampak, 1994).



Gambar 2.8 Anoda Tumbal Tipe Baut (Ampak, 1994)

2.7.2 Anoda Tumbal Al

Untuk anoda tumbal yang diproduksi secara komersil, dengan paduan Al-Zn-In memiliki kinerja yang paling baik pada air laut dengan potensial rata-rata -1,1 V. Dengan efisiensi lebih dari 90%. Energy potensial yang aktif distabilkan dengan adanya penyerapan klorida oleh unsur In. aktivasi Al pada larutan klorida yang mengandung Zn^{2+} dan In^{3+} berhubungan dengan akumulasi In dan penguraian Zn

Potensial yang sangat negative dari paduan Al-5%Zn terhitung ketika In^{3+} bereaksi dengan elektrolit NaCl 3,5% yang diaerasi. Disarankan bahwa zat antara In^+ dan In^{2+} yang

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



tergabung dalam pasif film untuk mengisi kekosongan anion dan mengurangi jumlah electron Al dan mendorong penguraian Al aktif. Telah tercatat percepatan aktivasi paduan Al-Zn terpolarisasi pada $-1,14V$ ditandai dengan adanya ion In^{3+} yang memiliki konsentrasi lebih tinggi dari $0,003M$. Masukkan dalam hitungan ion Al^{3+} dalam reaksi eksotermis ($\Delta H^\circ = -1406,7 Kcal mol^{-1}$), diharapkan terjadi kenaikan *temperature* pada permukaan (Bessone,2004).

2.8 Pengecoran

Pada umumnya logam-logam yang dihasilkan dari dalam tambang masih dalam bentuk batu-batuan dan jarang sekali terdapat bebas dalam alam. Biasanya terdapat dalam keadaan terkait dengan unsur-unsur yang lain seperti: zat asam, zat arang, dsb (Manufaktur, 2009)

Proses awal pembentukan logam dilakukan melalui proses penuangan (pengecoran) bijih logam, sehingga logam-logam itu berbentuk benda tuangan yang disebut ingot, dimana ingot-ingot ini akan diolah menjadi besi kasar (*pig iron*) dan akan dibentuk sedemikian rupa ke dalam bentuk lain yang kita kehendaki baik melalui proses pengecoran (penuangan) maupun proses lainnya seperti pengerjaan panas (*hot working processes*) dan pengerjaan dingin (*cold working processes*). (Manufaktur, 2009)

Pengecoran (*casting*) adalah suatu proses penuangan materi cair seperti logam atau plastik yang dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan membeku di dalam cetakan yang telah dipersiapkan, dan kemudian dikeluarkan atau dipecah-pecah untuk dijadikan komponen mesin. Pengecoran digunakan untuk membuat bagian mesin dengan bentuk yang kompleks. (Mursidi, 2013)



Gambar 2.9 Kegiatan Pengecoran Logam (Mursidi, 2013)

Pengecoran dilakukan untuk membentuk logam dalam kondisi panas sesuai dengan bentuk cetakan yang telah dibuat. Pengecoran dapat berupa material logam cair atau plastik yang bisa meleleh (termoplastik), juga material yang terlarut air misalnya beton atau gips, dan materi lain yang dapat menjadi cair atau pasta ketika dalam kondisi basah seperti tanah liat, dan lain-lain yang jika dalam kondisi kering akan berubah menjadi keras dalam cetakan, dan terbakar dalam perapian (Mursidi, 2013).

Berbagai jenis pengecoran:

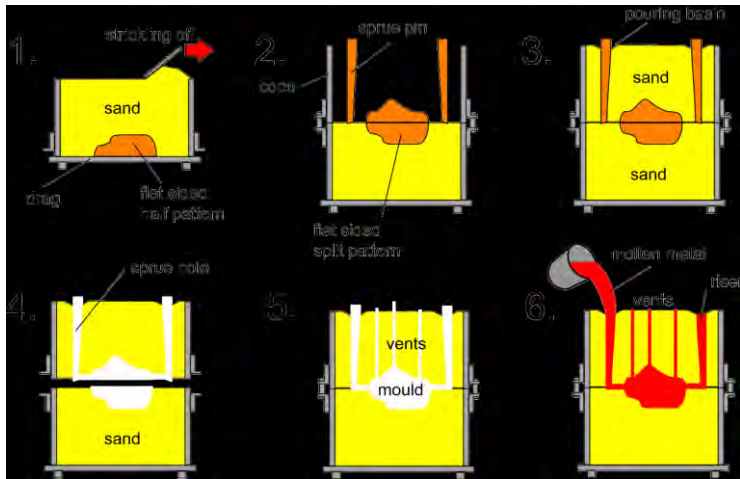
1. *Sand casting*
2. *Plaster casting*
3. *Centrifugal casting*
4. *Die casting*

2.9 Sand Casting

Pada dasarnya, pengecoran dengan pasir ini digunakan untuk mengolah logam bertemperatur rendah, seperti besi, tembaga, nikel, magnesium dan aluminium. Pengecoran dengan pasir ini juga dapat digunakan pada logam bertemperatur tinggi,



namun untuk bahan logam selain itu tidak akan bisa diproses. Pengecoran ini adalah teknik tertua dan paling dipahami hingga sekarang (Mursidi, 2013)



Gambar 2.10 Proses Pengecoran Logam dengan Cetakan Pasir (Mursidi, 2013)

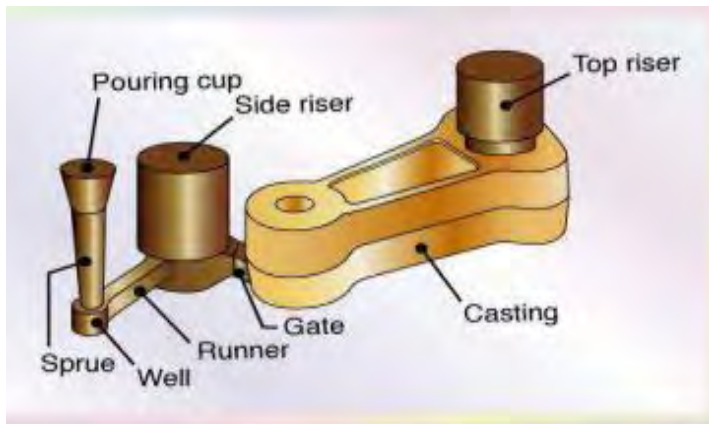
Pasir cetak yang sudah digunakan untuk membuat cetakan, dapat dipakai kembali dengan mencampur pasir baru dan pengikat baru setelah kotoran-kotoran dalam pasir tersebut dibuang. Pasir cetak dapat digunakan berulang-ulang. Setelah digunakan dalam proses pembuatan suatu cetakan, pasir cetak tersebut dapat diolah kembali tidak bergantung pada bahan logam cair. Prosesnya dengan cara pembuangan debu halus dan kotoran, pencampuran, serta pendinginan pasir cetak (Mursidi, 2013).

2.10 Gating System

Gating System atau Sistem saluran masuk adalah sistem yang dibuat dimana logam cair mengalir hingga ke rongga cetakan. Secara umum sistem saluran terdiri dari: cawan tuang, saluran turun, saluran pengalir, saluran masuk. Cawan tuang adalah sebuah



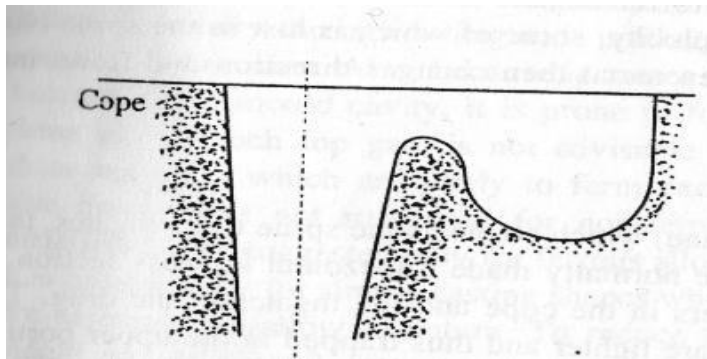
cekungan atau corong di cetakan yang menerima langsung logam cair dari ladle. Saluran turun adalah saluran dimana logam cair mengalir dari cawan tuang menuju saluran pengalir dan saluran masuk. Pengalir adalah pembawa logam cair dari saluran turun dan mendistribusikan logam cair ke coran melalui saluran masuk. Saluran masuk adalah saluran yang menghubungkan saluran pengalir ke coran sehingga logam cair dapat masuk ke coran. Penambah adalah bagian lebihan yang diberikan pada cetakan yang berfungsi untuk menambah cairan logam ketika terjadi penyusutan dan untuk menghindari penyusutan pada coran (Surdia, 1986).



Gambar 2.11 *Gating System* (Singh, 2016)

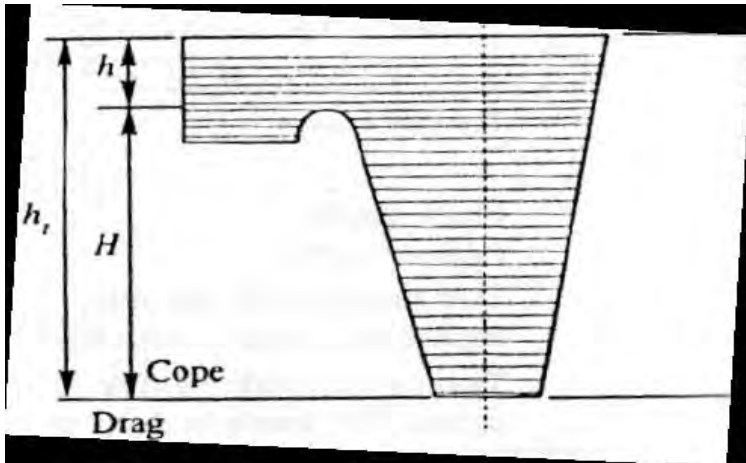


1. Pouring Basin



Gambar 2.12 Pouring Basin (Rao, 2001)

Pada Gambar 2.12 menunjukkan desain pouring basin dimana D(diameter) dan R(radius). Logam cair tidak secara langsung dituangkan kedalam cetakan karena dapat menyebabkan erosi Logam cair. Logam cair dituangkan ke dalam pouring basin atau cawang tuang yang berfungsi sebagai wadah awal dan kemudian logam cair berpindah secara perlahan ke dalam *sprue*. Pouring basin dapat mencegah slag masuk ke dalam rongga cetakan. Logam cair saat penuangan akan menghadapi metal momentum yang terserap dan membentuk pusaran yang dapat dihindarkan dengan membuat salah satu dinding pouring basin dimiringkan 45° terhadap horizontal. Dalam special aplikasi, pouring basin memiliki bagian yang dapat menjebak slag agar tidak masuk kedalam cetakan (Rao, 2001)



Gambar 2.13 Ukuran *sprue* dan *Pouring Basin* (Rao, 2001)

Pada Gambar 2.13 menunjukkan ukuran *sprue* dan *pouring basin*. Untuk mendapatkan luas area atas dari *pouring basin* maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_t = A_c \sqrt{\frac{h_t}{h}} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$h_t = h + H \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana : H= Tinggi sebenarnya *sprue* (mm)

A_t = Luas area *top* (mm²)

A_c = Luas area *choke* (mm²)

h= Tinggi *top* (mm)

h_t = Tinggi seluruhnya (mm)

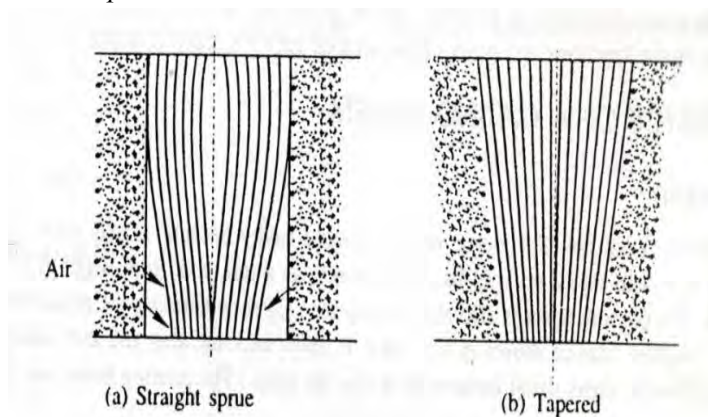
$$A_c = \frac{w}{d \ t \ c \ \sqrt{2 \ g \ h}} \dots \dots \dots (2.3)$$

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Dimana: w = Massa coran (kg)
 D = Massa jenis logam cair (kg/mm^3)
 g = Gravitasi (mm/s^2)
 H = Tinggi *sprue* (mm)
 t = waktu *pouring* (s)
 c = Faktor Efisiensi (0,88)

2. *Sprue*



Gambar 2.14 Tipe *Sprue* (Rao, 2001)

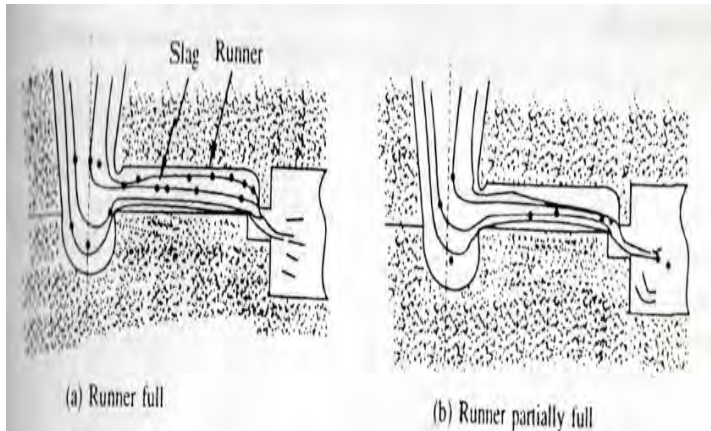
Sprue merupakan bagian yang meneruskan logam cair ke bagian lain atau tempat masuknya logam cair ke *runner* dan *gate* yang akhirnya logam cair akan masuk ke dalam rongga cetakan. Ketika logam cair mengalir dari atas cope ke parting plane, kecepatan aliran akan meningkat dan sebagai konsekuensinya membutuhkan area yang kecil untuk dilalui logam cair. Pada Gambar 2.14 menunjukkan tipe *sprue*. *Sprue* terdiri dari dua tipe yaitu *straight sprue* dan *tapered sprue*. Jika menggunakan *straight sprue*, tidak semua logam cair akan dialiri ke bawah sehingga menimbulkan ruang kosong yang dapat diisi oleh udara yang dapat terbawa ke rongga cetakan. Untuk mengatasi persoalan tersebut, digunakan tipe *tapered sprue* untuk menghindari udara yang terperangkap (Rao, 2001)



3. *Sprue Base Well*

Sprue base well merupakan bagian yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan awal logam cair ketika mengalir dari atas turun ke bawah. Fungsi dari *sprue base well* ialah mengurangi efek dari momentum logam cair. Logam cair yang mengalir dari *sprue* meningkatkan kecepatannya yang dapat menyebabkan erosi cetakan. Dengan menggunakan *sprue base well*, erosi cetakan dapat berkurang dan arah aliran logam cair dapat berubah yang kemudian mengalir ke *runner* dan *gate* dengan aliran yang seragam.

4. *Runner*



Gambar 2.15 *Runner Type (a) Runner full; (b) Runner partially full* (Rao, 2001)

Secara umum terletak horizontal dengan *parting plane* yang mana terhubung dengan *sprue* dan *ingate*. Dalam prakteknya, *runner* berada didalam *cope* dan *ingate* berada didalam *drag*. Alasan dilakukan pemisahan antara *gate* dan *runner* ialah agar menjadi perangkap *slag* agar tidak masuk kedalam rongga cetakan. Untuk perangkap *slag* yang efektif, *runner* harus mengikuti seperti di Gambar 2.15. Ketika sejumlah logam cair datang dari *sprue* lebih dari jumlah yang mengalir *ingate*, *runner* akan penuh

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



dan akhirnya perangkat *slag* akan terjadi. Namun ketika logam cair mengalir melalui *ingate* lebih dari aliran *runner* maka *runner* akan terisi setengahnya dan *slag* kemudian akan masuk ke dalam rongga cetakan. Untuk mendapatkan luas *runner*, maka diperlukan rasio perbandingan antara *sprue*, *runner* dan *ingate* yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 (Rao, 2001)

Tabel 2.6 *Ratio gating system* (Rao, 2001)

Material	<i>Sprue : Runner : Ingate</i>		
	<i>Sprue</i>	<i>Runner</i>	<i>Ingate</i>
Aluminium	1	2	1
	1	1.2	2
	1	2	4
	1	3	3
	1	4	4
	1	6	6
Aluminium Bronze	1	2.88	4.8
Brass	1	1	1
	1	1	3
	1.6	1.3	1
Copper	2	8	1
	3	9	1
Ductile Iron	1.15	1.1	1
	1.25	1.13	1
	1.33	2.67	1
Grey Cast Iron	1	1.3	1.1
	1	4	4
	1.4	1.2	1
	2	1.5	1
	2	1.8	1
	2	3	1
	4	3	1
Magnesium	1	2	2



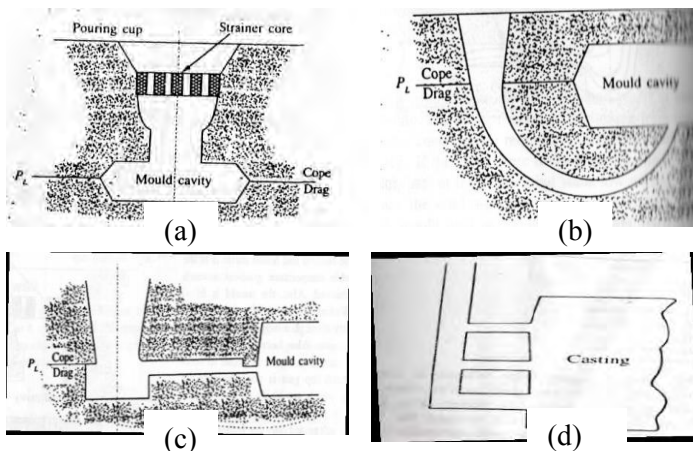
	1	4	4
Malleable Iron	1	2	9.5
	1.5	1	2.5
Steel	1	1	7
	1	2	1
	1	2	1.5
	1	2	2
	1	3	3
	1.6	1.3	1

Untuk mendapatkan luas *runner* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_{runner} = \frac{A_c \times ratio}{total\ runner} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana : A_c = Luas *Choke* (mm²)

5. Gate



Gambar 2.16 Tipe *ingate* (a) *Top gate*; (b) *Bottom gate*; (c) *Parting gate*; (d) *Step gate* (Rao, 2001)



Gate atau biasa disebut juga *ingate* merupakan tempat masuknya aliran logam cair ke rongga cetakan. Bentuk dari *ingate* harus dapat dipisahkan dari benda hasil corannya setelah solidifikasi dan juga bentuk *ingate* dapat membuat logam cair masuk dengan cepat ke rongga cetakan. Menurut aplikasinya, *ingate* terdiri dari berbagai macam jenis yaitu:

- Top gate* yaitu tipe *gate* dimana logam cair masuk ke dalam rongga cetak dari atas. Karena logam cair masuk dari atas, hal tersebut dapat membuat erosi cetakan.
- Bottom gate* yaitu tipe *gate* dimana logam cair masuk ke rongga cetakan dengan perlahan dan tidak menyebabkan erosi cetakan. Secara umum *bottom gate* digunakan untuk cetakan agak lebih kedalam. *Bottom gate* juga membutuhkan *sprue* khusus dan juga membutuhkan *riser* yang besar karena aliran logam cair dari *gate* ke rongga cetakan sangat lambat.
- Parting gate* yaitu jenis *gate* secara luas digunakan, logam cair masuk di dalam *gate* yang terbagi dua (*parting line*) antara *drag* dan *cope*. Dari semua jenis *gate*, *parting gate* yang lebih murah.
- Step gate* yaitu jenis *gate* yang digunakan untuk pengecoran dalam jumlah besar dan berat. *Step gate* terdiri dari beberapa yang tersusun secara *vertical*. *Gate* tipe ini memastikan bahwa erosi cetakan tidak terjadi (Rao, 2001).

$$A_{ingate} = \frac{A_c \times ratio}{total\ gate} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana: A_c = Luas *Choke* (mm²)

6. *Riser*

Kebanyakan paduan mengalami penyusutan selama solidifikasi. Akibat dari penyusutan tersebut menyebabkan kekosongan pada benda coran. Oleh karena itu, diperlukan cadangan logam cair yang tetap panas selama solidifikasi



berlangsung dan diharapkan mengisi kekosongan yang disebabkan proses penyusutan benda coran. Cadangan logam cair tersebut disebut *riser*.

Beberapa material memiliki penyusutan volum masing-masing dan kebutuhan *riser* yang berbeda. Ini ditunjukkan pada Tabel 2.5 Untuk membuat *riser* yang efektif, *riser* harus di desain sebagai berikut:

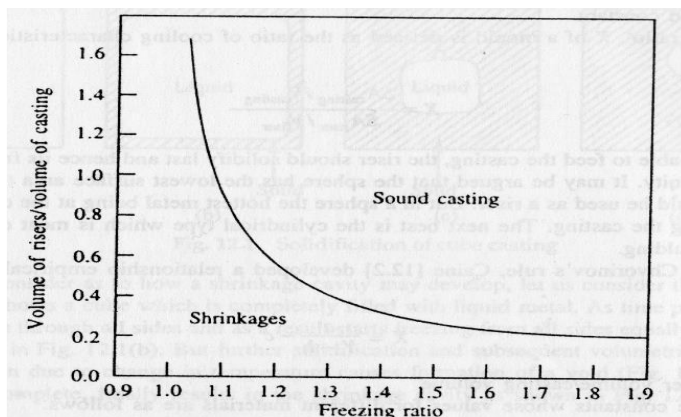
- a. Logam cair di *riser* harus mengalami solidifikasi terakhir
- b. Volum *riser* harus cukup mengisi penyusutan pada benda coran (Rao, 2001)

Tabel 2.7 Volume penyusutan *liquid* (Rao, 2001)

<i>Material</i>	<i>Shrinkage (%)</i>
<i>Medium Carbon Steel</i>	<i>2.5-3.5</i>
<i>High Carbon Steel</i>	<i>4</i>
<i>Nickel</i>	<i>6.1</i>
<i>Monel</i>	<i>6.3</i>
<i>Aluminium</i>	<i>6.6</i>
<i>Aluminium (11-13% Si)</i>	<i>3.5</i>
<i>Aluminium Bronze</i>	<i>4.1</i>
<i>Copper</i>	<i>4.92</i>
<i>70-30 Brass</i>	<i>4.5</i>
<i>Bearing Bronze</i>	<i>7.3</i>
<i>Grey Cast Iron</i>	<i>1.9 to negative</i>
<i>White Cast Iron</i>	<i>4-5.75</i>
<i>Magnesium</i>	<i>4.2</i>
<i>Zinc</i>	<i>6.5</i>

Untuk mendapatkan volum *riser* yang *ideal* dengan kebutuhan benda coran, diperlukan perhitungan volum *riser* dan jenis *riser* yang tepat digunakan. Ada dua metode dalam perhitungan volum *riser* yaitu dengan metode *caine's* dan metode *Naval Research Laboratory* (Rao, 2001).

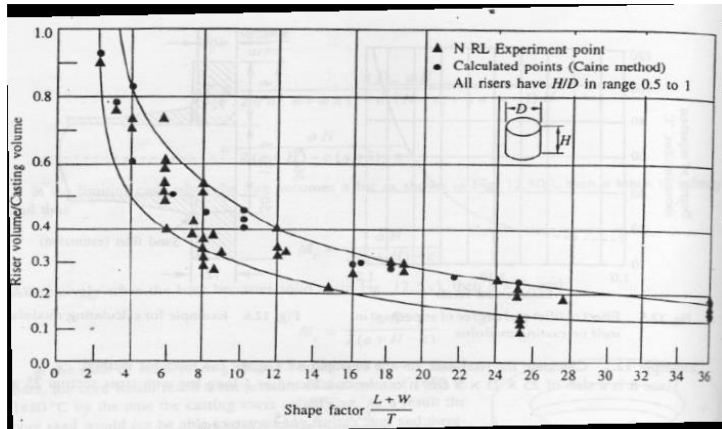
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.17 Grafik Metode *Caine's* (Rao, 2001)

Pada Gambar 2.17 menunjukkan grafik hubungan *freezing ratio* dengan volum *riser*/volum *casting*. Metode *caine's* menggunakan grafik tersebut untuk mendapatkan volum *riser*. Untuk mendapatkan nilai *freezing ratio*, digunakan persamaan sebagai berikut:

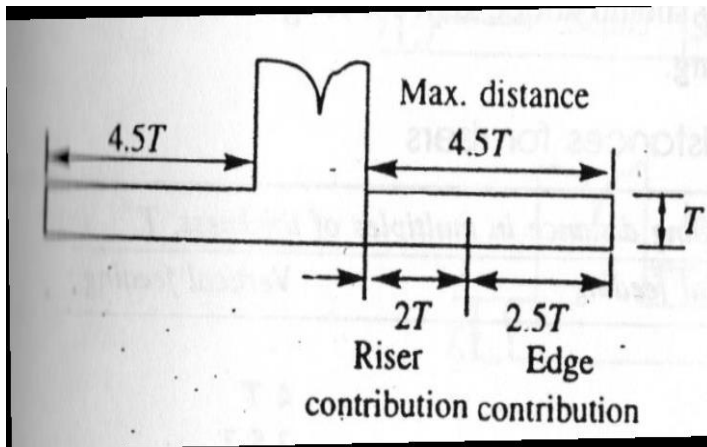
$$\text{Freezing ratio} = \frac{\text{surface area casting no contact/volume casting}}{\text{surface area riser no contact/volume riser}} \dots (2.6)$$



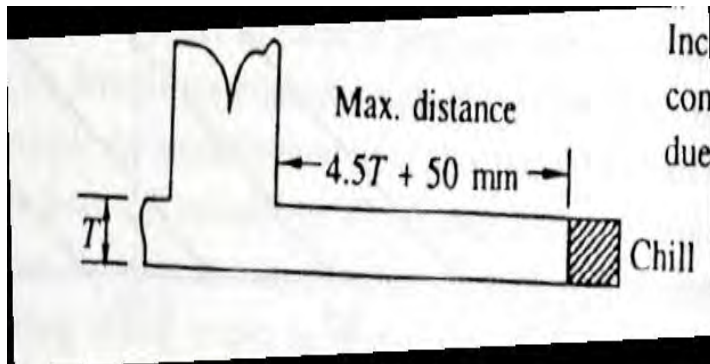
Gambar 2.18 Grafik Metode Naval Research Laboratory (Rao, 2001)

Pada Gambar 2.18 menunjukkan grafik *shape factor* dengan *volume riser/volume casting*. Metode *naval research laboratory* menggunakan grafik tersebut untuk mendapatkan volum *riser*. Ketika volum *riser* yang didapatkan dari hasil perhitungan, diharapkan logam cair/logam cair cadangan di dalam *riser* dapat mengisi benda coran. Ketika jarak *riser* dengan benda coran terlalu jauh, dimungkinkan bagian yang terjauh dari *riser* tidak dapat terisi oleh logam cair cadangan dari *riser*. Oleh karena itu, *riser* memiliki batas jangkaun untuk dapat mengisi atau dapat mengalir logam cair. Untuk satu *riser*, batas jangkaun *riser* maksimal untuk mampu mengisi/ mengalir logam cair yaitu $4.5T$ dimana T ialah *thickness*. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.19 dimana menggunakan satu *riser*. Apabila pada *mold*/cetakan benda cor ditambahh *chill*, maka kemampuan mengalir/ mengisi dari *riser* bertambah yaitu $4.5T + 50$ mm dimana *chill* ialah material paduan yang memiliki komposisi serupa dengan *molten* metal yang berfungsi meningkatkan *heat transfer* sehingga mempercepat pendinginan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.20 penggunaan *riser* dan *chill* secara bersama (Rao, 2001).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.19 Jangkauan Satu Riser (Rao, 2001)



Gambar 2.20 Jangkauan Riser yang ditambahkan chill (Rao, 2001)

2.11 Shrinkage Allowance

Semua logam ketika proses pendinginan akan mengalami penyusutan atau shrink. Ini dikarenakan adanya getaran inter-atomic sehingga atom-atom tersebut membesar dengan naiknya temperatur. Ada dua jenis penyusutan yaitu liquid *shrinkage* dan



solid shrinkage. *Liquid shrinkage* ialah penyusutan volum logam yang terjadi akibat perubahan *liquid* menjadi *solid*. Sedangkan *solid shrinkage* yaitu penyusutan volum logam pada kondisi *solid* temperatur tinggi menjadi *solid* temperatur rendah.

Untuk mendapatkan hasil coran yang baik, tidak bisa logam cair dituangkan ke rongga cetakan sesuai bentuk dan dimensi komponen. Oleh karena itu diperlukan kelonggaran (*allowance*) saat pembuatan *pattern*. Tiap material coran memiliki kelonggaran (*allowance*) yang berbeda, hal itu dapat dilihat pada Tabel 2.8 (Rao, 2001).

Tabel 2.8 *Shrinkage Allowance* untuk beberapa Logam (Rao, 2001)

<i>Material</i>	<i>Pattern dimension (mm)</i>	<i>Section Thickness (mm)</i>	<i>Shrinkage Allowance (mm/m)</i>
<i>Grey Cast Iron</i>	<i>Up to 600</i>	-	<i>10,5</i>
	<i>600-1200</i>	-	<i>8,5</i>
	<i>Over 1200</i>	-	<i>7</i>
<i>White Cast Iron</i>	-	-	<i>16-23</i>
<i>Ductile Iron</i>	-	-	<i>8,3-10,4</i>
<i>Malleable Iron</i>	-	<i>6</i>	<i>11,8</i>
	-	<i>9</i>	<i>10,5</i>
	-	<i>12</i>	<i>9,2</i>
	-	<i>15</i>	<i>7,9</i>
	-	<i>18</i>	<i>6,6</i>
	-	<i>22</i>	<i>4</i>
	-	<i>25</i>	<i>2,6</i>
<i>Plain Carbon Steel</i>	<i>Up to 600</i>	-	<i>21</i>
	<i>600-1800</i>	-	<i>16</i>
	<i>Over 1800</i>	-	<i>13</i>
<i>Chromium Steel</i>	-	-	<i>20</i>

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Manganese Steel	-	-	25-38
Aluminium	-	-	13
Aluminium Bronze	-	-	20-23
Copper	-	-	16
Brass	-	-	15,5
Bronze	-	-	15,5-22
Gunmetal	-	-	10-16
Manganese Bronze	-	-	15,6
Silicon Bronze	-	-	10,4
Tin Bronze	-	-	10,4
Chromium Copper	-	-	20,8
Lead	-	-	26
Monel	-	-	20
Magnesium	-	-	13
Magnesium alloy	-	-	16
White Metal	-	-	6
Zinc	-	-	10-15

Sebagai contoh misalnya suatu material cor berupa steel memiliki dimensi *pattern*/pola panjang x lebar x tinggi yaitu 200 mm x 150 mm x 100 mm. Maka dengan menggunakan Tabel 2.8 didapatkan nilai *shrinkage allowance* sebesar 21mm/m dan perhitungannya sebagai berikut:

$$P = 200 \text{ mm} \times 21\text{mm}/1000\text{mm} = 4,2 \text{ mm}$$

$$L = 150 \text{ mm} \times 21\text{mm}/1000\text{mm} = 3,2$$

$$T = 100 \text{ mm} \times 21\text{mm}/1000\text{mm} = 2,1$$

Jadi dari hasil perhitungan tersebut di dapatkan panjang total cor bendanya yaitu 150+4,2 mm, lebar 150+3,2 mm dan tinggi 100+2,1 mm (Rao, 2001).



2.12 Draft Allowance

Ketika pola (*pattern*) diletakan di pasir, akan terjadi kontak antara permukaan pola dan pasir. Ketika pola di ambil atau dilepaskan dari pasir, gesekan antar permukaan pola dan pasir menyebabkan pasir dapat runtuh atau terkikis. Oleh karena itu, diperlukan *pattern* yang memiliki sudut agar memudahkan untuk mengambil *pattern* dari pasir. Tiap material *pattern* memiliki *draft allowance* yang berbeda dan juga tiap ketinggian *pattern* memiliki nilai *draft* yang berbeda. Ini ditunjukkan dengan Tabel 2.9 (Rao, 2001).

Tabel 2.9 Nilai *Draft Pattern* (Rao,2001)

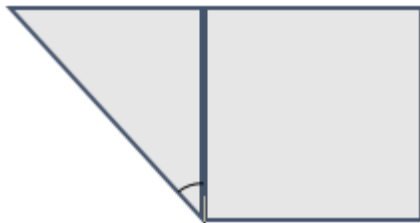
<i>Pattern Material</i>	<i>Height of the Given Surface (mm)</i>	<i>Draft Angle of Surface (degrees)</i>	
		<i>External Surface</i>	<i>Internal Surface</i>
<i>Wood</i>	20	3	3
	21-50	1,5	2,5
	51-100	1	1,5
	101-200	0,75	1
	201-300	0,5	1
	301-800	0,5	0,75
	801-2000	0,35	0,5
	Over 2000	-	0,25
<i>Metal and Plastic</i>	20	1,5	3
	21-50	1	2
	51-100	0,75	1
	101-200	0,5	0,75
	201-300	0,5	0,75
	301-800	0,35	0,5

Sebagai contoh misalnya *pattern* yang digunakan berupa *wood* (kayu) dengan panjang 50mm dan tinggi 100 mm dan berbentuk balok. Maka dengan menggunakan Tabel 2.9 di

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



dapatkan *draft* anglenya eksternalnya sebesar 1° dan tidak memiliki *draft angle* internal karena tidak memiliki rongga. Untuk perhitungannya sebagai berikut:



$$\tan 1^\circ = y/x$$

$$\tan 1^\circ = y/100 \text{ mm} ; y = 1,74 \text{ mm}$$

Jadi dari hasil perhitungan tersebut di dapatkan panjang total cor bagian atas dengan penambahan *draft* yaitu sebesar 50 mm + 1,74 mm (Rao, 2001).

2.13 Penelitian Yang Pernah Dilakukan

Paduan yang digunakan Al-5%Zn-0,02%In komposisi dapat dilihat pada tabel 2.10. Material yang digunakan Zn murni, In (99,99%), dan aluminium (99,8%). Pembuatan anoda tumbal dengan memvariasikan temperatur pouring dan temperatur cetakan yaitu 670°C , 710°C , dan 750°C untuk *temperatur pouring* dan 25°C , 100°C , 200°C , 300°C , dan 400°C . (Keyvani, 2005)

Tabel 2.10 Analisa Komposisi Al-Zn-In (Keyvani, 2005)

Elemen	Al-Zn-In (wt%)
Zn	5.097
In	0.021
Si	0.088
Fe	0.150
Cu	0.009
Cd	0.002
Pb	0.040
Al	selebihnya



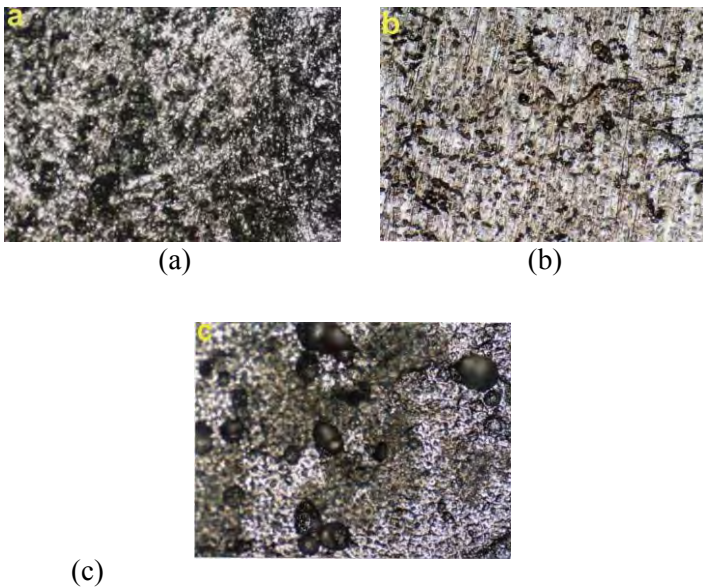
Pengujian dilakukan dalam larutan NaCl 0,5M selama 14 hari untuk menentukan arus anoda dan kurva potensialnya dengan menggunakan standar NACE TM0190-98. Semua potensial diukur menggunakan standar *Saturate Calomel Electrode* (SCE). Hasil dapat dilihat pada Tabel 2.11 (Keyvani, 2005)

Tabel 2.11 Hasil Efek Temperatur *Pouring* dan Temperatur Cetakan Pada Anoda (Keyvani, 2005)

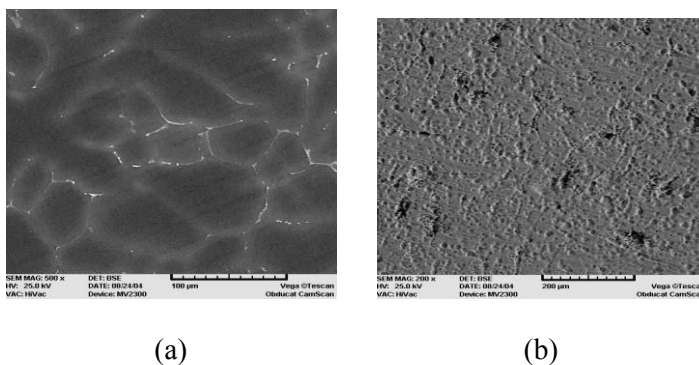
No. Anoda	Kondisi Casting (°C)		Hasil	
	Lelehan	Cetakan	Kapasitas Arus (Ah.Kg ⁻¹)	Potensial (mV _{SCE})
1	750	25	2308	1000
2	710	25	2280	990
3	670	25	2264	985
4	750	100	2356	1010
5	710	100	2349	1005
6	670	100	2327	990
7	750	200	2469	1000
8	710	200	2461	1020
9	670	200	2452	1010
10	750	300	2562	1010
11	710	300	2568	1030
12	670	300	2561	1030
13	750	400	2578	1020
14	710	400	2595	1040
15	670	400	2530	1050

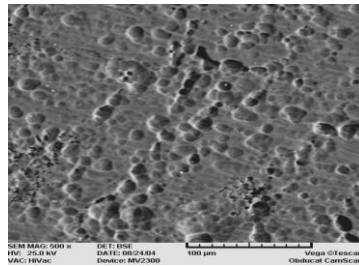
Struktur mikro dengan temperatur cetakan 400°C dan temperatur pouring 750°C dapat dilihat pada Gambar 2.21. Untuk mikro struktur dengan temperatur cetakan 400°C dan temperatur pouring 710°C dapat dilihat pada Gambar 2.21. (Keyvani,2005)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.21 Mikro struktur pada temperature] cetakan 400°C dan temperatur *pouring* 750°C. (a) sebelum polarisasi, 100X; (b) terbentuk lubang akibat korosi setelah polarisasi, 50X; (c) setelah polarisasi, 500X (Keyvani, 2005)





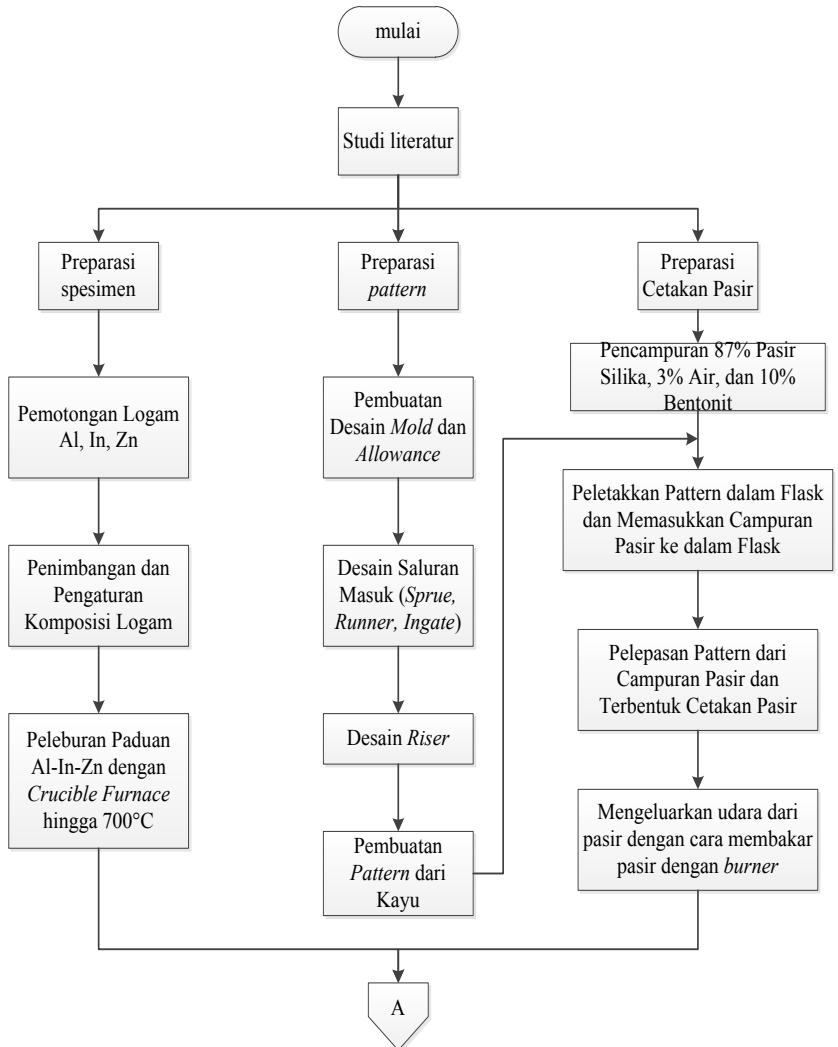
(c)

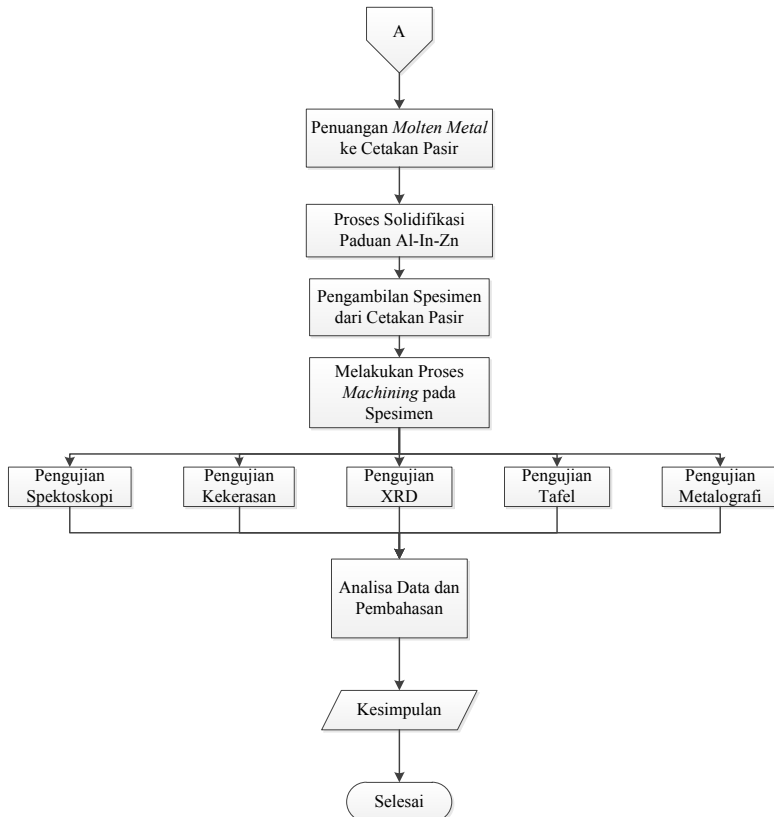
Gambar 2.22 hasil mikrostruktur menggunakan SEM pada *temperature* cetakan 400°C dan temperatur *pouring* 710°C. (a) sebelum polarisasi, 500x; (b) setelah polarisasi, 200x; setelah polarisasi 500x. (Keyvani, 2005)

Dari hasil seluruh pengujian didapatkan treatment terhadap *temperature* cetakan dan *temperature pouring* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap korosi seragam pada anoda tumbal dengan paduan Al-Zn-In. *Temperature* cetakan 400°C dan *temperature pouring* 710°C menghasilkan elektrokimia yang sangat optimal. Didapatkan hasil dengan *temperature pouring* yang optimal memiliki potensial yang stabil dan efisiensi arus yang lebih besar. *Temperature* cetakan dan *temperature pouring* yang optimal dapat menyebabkan korosi yang merata pada anoda. (Keyvani, 2005)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap. Tahapan penelitian digambarkan pada diagram alir yang ditunjukkan Gambar 3.1. Pertama dilakukan studi literature terkait penelitian, lalu preparasi cetakan pasir, pattern, dan bahan yaitu Al-In-Zn dengan variable komposisi Zn 0%, 2%, 4%, dan 6% berat dan Indium 0,01% berat. Setelah itu melakukan proses peleburan dengan *crucible furnace* pada temperature 700°C lalu dituang pada



cetakan pasir yang telah disiapkan. Setelah logam dingin, *specimen* diambil dari cetakan lalu dilakukan proses *machining*. Kemudian dilakukan pengujian komposisi kimia untuk menentukan untuk meentukan komposisi kimia paduan dan dilakukan pengujian yang meliputi, uji spektroskopi, uji kekerasan, uji porositas, uji korosi, dan uji metalografi. Selanjutnya dilakukan analisa data dan pembahasan terhadap hasil uji. Proses terakhir menarik kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan.

3.2 Material yang Digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Aluminium (Al)
2. Indium (In)
3. Zinc (Zn)
4. Bahan Etsa

3.3 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. *Electric Resistance Furnace*
Furnace yang digunakan untuk melelehkan dan memadukan bahan merupakan *electric resistance furnace*. Ditunjukkan oleh Gambar 3.2



Gambar 3.2 *Electric Resistance Furnace*

2. *Crucible* Grafit

Crucible grafit digunakan untuk tempat material dileburkan. Ukuran *crucible* yang digunakan adalah A5 dan terbuat dari *insulating brick* tipe C-1 dibeli dari U.D Kampung Dukuh, Surabaya. Ditunjukkan oleh Gambar 3.3

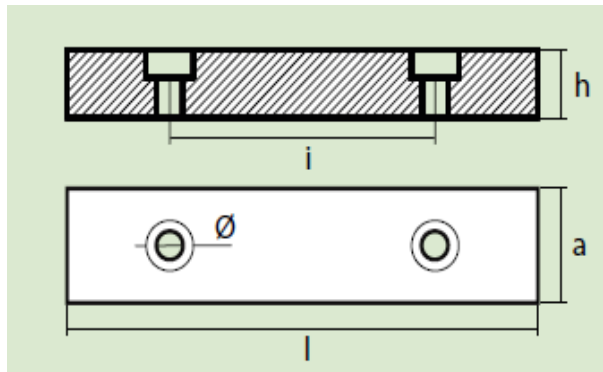


Gambar 3.3 *Crucible Grafit*



3. Pola Cetakan Komponen

Pola cetakan komponen digunakan untuk membuat cetakan hasil coran pada cetakan pasir. Pola cetakan hasil coran disesuaikan dengan standar penjualan anoda. Contoh pola cetakan yang akan dilakukan akan ditunjukkan gambar 3.4



Gambar 3.4 Benda Hasil Coran

4. Pattern

Pattern cetakan yang digunakan adalah pattern untuk *sprue* dan *riser*. Dimana rancangan dari *sprue*, *riser*, dan *runner* yang digunakan pada cetakan adalah sebagai berikut:

Dimensi Produk

Panjang (mm)	190
Lebar (mm)	50
Tinggi (mm)	25
Diameter atas (mm)	14
Diameter bawah (mm)	8,5



Dimensi Runner

Luas <i>Runner</i> (mm ²)	3300.083198
Panjang <i>Runner</i> (mm)	162.469

Dimensi Riser

Diameter <i>Riser</i> (mm)	50
Tinggi <i>Riser</i> (mm)	100
Tipe <i>Riser</i>	open

5. Kikir
Kikir yang digunakan adalah milik Lab. Departemen Teknik Material ITS. Kikir digunakan untuk meratakan permukaan specimen.
6. Gelas Ukur 250mL
Alat ini digunakan untuk mengukur bahan saat pembuatan larutan etsa
7. Timbangan Digital
Digunakan untuk mengukur massa bahan lebur. Ditunjukkan oleh Gambar 3.5



Gambar 3.5 Timbangan Digital



8. Kertas Amplas
Digunakan untuk grinding specimen pada uji metalografi. Digunakan kertas amplas *silicon carbide* grade 80 hingga 2000.
9. Gergaji
Digunakan untuk memotong bahan lebur dan hasil coran.
10. Alat Uji Kekerasan *Universal*
Alat ini digunakan untuk menguji kekerasan specimen hasil coran.
11. OES (*Optical Emission Spectrocope*)
Alat ini digunakan untuk mengetahui komposisi kimia hasil coran.
12. Mesin *Grinding & Polishing*
Alat ini digunakan dalam proses grinding serta polishing specimen dalam uji metalografi
13. Mikroskop Optik Metalurgi
Alat ini digunakan untuk mengetahui struktur mikro specimen.
14. Alat uji tafel
Alat ini digunakan untuk mengetahui potensial arus dan laju korosi

3.4 Variabel Penelitian

Variable penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi penambahan unsur padu Zn sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6%.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Prosedur Pengecoran

Persiapan bahan mengikuti langkah langkah sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan *allowance* untuk mendapatkan volume coran dengan bentuk batangan/persegi panjang.
Panjang (p) = 180 mm
Lebar (l) = 65 mm



Tinggi (t) = 30 mm

a. Shrinkage Allowance

Dengan menggunakan tabel 2.6 *shrinkage allowance* untuk beberapa logam, didapatkan nilai *shrinkage allowance* untuk material aluminium sebesar 13mm/m, maka dengan nilai tersebut dapat dicari panjang, lebar, dan tinggi *allowance*-nya sebagai berikut

$$P = 180 \text{ mm} \times (13/1000 \text{ mm}) = 2,34 \text{ mm}$$

$$L = 65 \text{ mm} \times (13/1000 \text{ mm}) = 0,845 \text{ mm}$$

$$T = 30 \text{ mm} \times (13/1000 \text{ mm}) = 0,39 \text{ mm}$$

Jadi dari perhitungan tersebut didapatkan nilai masing masing dimensi yaitu sebesar:

$$P = 180 \text{ mm} + 2,34 \text{ mm} = 182,34 \text{ mm}$$

$$L = 65 \text{ mm} + 0,845 \text{ mm} = 65,845 \text{ mm}$$

$$T = 30 \text{ mm} + 0,39 \text{ mm} = 30,39 \text{ mm}$$

b. Machining Allowance

Dengan menggunakan tabel 2.8 *machining allowance* untuk beberapa material, didapatkan nilai *machining allowance* untuk material *non-ferrous* di *surface* sebesar 1,5 mm untuk satu sisi *surface*, jika saat *machining* dilakukan di dua sisi *surface* berbeda, maka nilai *allowance*-nya dikali 2. Dengan nilai tersebut dapat dicari panjang, lebar, dan tinggi *allowance*- T= 33,39 mm

$$\text{Volume casting} = p \times l \times t$$

$$= 187,09 \text{ mm} \times 70,6 \text{ mm} \times 33,39 \text{ mm}$$

$$= 441033,619 \text{ mm}^3$$



2. Melakukan perhitungan *gating system*

Tabel 3.1 perhitungan *gating system*

Dimensi Spesimen	Ukuran Awal	<i>Shrinkage Allowance</i>	<i>Machining Allowance</i>	<i>Draft Allowance</i>
Panjang (mm)	180	182.34	185.34	187.09
Lebar (mm)	65	66	69	70.6
Tinggi (mm)	30	30.39	33.39	33.39
Volume <i>Casting</i> (mm ³)	441033.61 81	-	-	-
<i>Surface Area Casting</i> Awal (mm ²)	43119.393 7	-	-	-
Diameter <i>Riser</i> (mm)	50	-	-	-
Tinggi <i>Riser</i> (mm)	100	-	-	-
Volume <i>Riser</i> (mm ³)	196250	-	-	-
Luas Kontak (mm ²)	1962.5	-	-	-
<i>Surface Area Riser</i> Awal (mm ²)	11775	-	-	-
S A <i>Casting</i> (mm ²)	41156.893 7	-	-	-
S A <i>Riser</i> (mm ²)	9812.5	-	-	-
Freezing <i>Ratio</i> (sumbu-X)	1.5553195 95	-	-	-
Volume <i>Ratio</i> (sumbu-Y)	0.4449774 17	-	-	-



<i>Type Riser</i>	open	-	-	-
<i>Density Paduan</i> (kg/cm3)	2700	-	-	-
<i>W Casting</i> (kg)	1.1907907 69	-	-	-
<i>Pouring Time</i> (s)	15	-	-	-
<i>Effisiensi Factor</i>	0.9	-	-	-
<i>Luas Choke</i> <i>Sprue</i> (mm2)	1650.0415 99	-	-	-
<i>Diameter choke</i> <i>Sprue</i> (mm)	22.923589 49	-	-	-
<i>Tinggi Bashin</i> (mm)	20	-	-	-
<i>Luas Top Sprue</i> (mm2)	4042.6029	-	-	-
<i>Diameter Top</i> <i>Sprue</i> (mm)	71.764	-	-	-
<i>Luas Runner</i> (mm2)	3300.0831 98	-	-	-
<i>Panjang Runner</i> (mm)	162.469	-	-	-

perhitungan sebagai berikut:

$$P = 182,34 \text{ mm} + 2(1,5 \text{ mm}) = 185,34 \text{ mm}$$

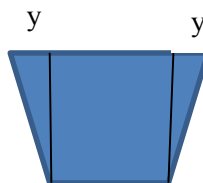
$$L = 65,845 \text{ mm} + 2(1,5 \text{ mm}) = 68,845 \text{ mm}$$

$$T = 30,39 \text{ mm} + 2(1,5 \text{ mm}) = 33,39 \text{ mm}$$

c. Draft Allowance

Dengan menggunakan Tabel 2.7 nilai *draft* pattern maka didapatkan sudut *draft*. Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pattern dengan berbahan kayu, maka dari tabel 2.7 didapatkan nilai sudut *draft*-nya sebesar 3°. Dengan nilai tersebut dapat dicari panjang dan lebar *allowance*-nya sebagai berikut:

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



$$\tan(1,5^\circ) = \frac{y}{t}$$

$$Y = 0,88 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan masing-masing dimensi sebagai berikut:

$$P = 185,34 \text{ mm} + 2(0,88 \text{ mm}) = 187,09 \text{ mm}$$

$$L = 68,845 \text{ mm} + 2(0,88 \text{ mm}) = 70,6 \text{ mm}$$

3. Perhitungan material balance

Sebelum melakukan penelitian, preparasi sampel dilakukan dengan cara perhitungan massa tiap-tiap bahan lebur untuk mendapatkan komposisi hasil coran yang diinginkan. Perhitungan massa bahan lebur pada penelitian kali ini menggunakan prinsip material *balance*. Perhitungan material balance menggunakan persamaan 3.1. Skema peleburan ditunjukkan pada Gambar 3.6 dan % komposisi serta massa raw material yang digunakan dalam proses peleburan ditunjukkan pada Tabel 3.2

$$\frac{\% \text{ Target unsur}}{\% \text{ rasio kadar unsur pada bahan}} \times \text{Massa total} \dots \dots (3.1)$$

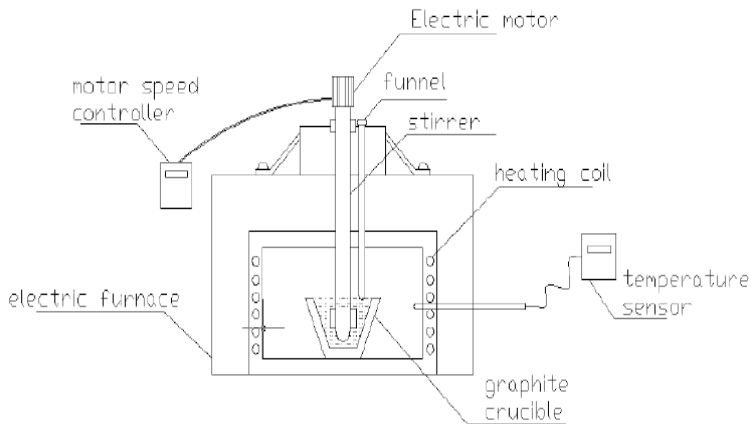
Tabel 3.2 komposisi raw material input

No	Paduan	Al(%)	Zn(%)	In(%)
1.	Al-0,01In	99,99	0	0,01
2.	Al-2Zn-0,01In	97,99	2	0,01
3.	Al-4Zn-0,01In	95,99	4	0,01
4.	Al-6Zn-0,01In	93,99	6	0,01



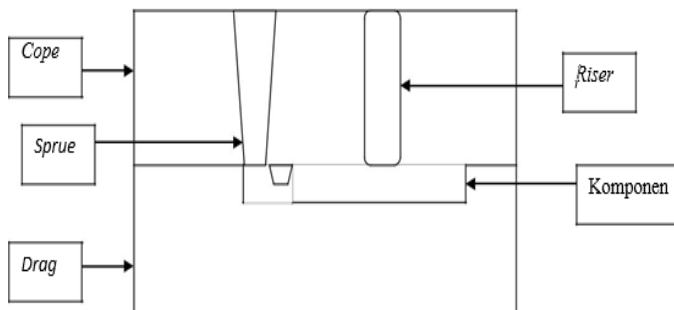
Setelah proses perhitungan jumlah bahan lebur, raw material kemudian diletakkan pada krusibel. Langkah selanjutnya yaitu melakukan peleburan Al yang telah diletakkan dalam krusibel menggunakan *crucible furnace* sampai temperature 700°C seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6

Gambar 3.6 Skema Peleburan dengan *Electric Furnace*



3.5.1 Preparasi Cetakan

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari pasir silica dan *bentonite* sebagai perekat. Pertama menyiapkan pasir silica, *bentonite* dan air. Selanjutnya menimbang pasir silica dan *bentonite* dengan komposisi 87% pasir silica, 3% air, dan 10% *bentonite*. Kemudian memasukkan pasir silica dan *bentonite* ke dalam wadah dan mengaduknya secara merata dengan menambahkan air secara bertahap. Lalu menyiapkan *flask* dan pola benda. Terakhir membuat cetakan sesuai kebutuhan.



Gambar 3.7 Cetakan Pasir pada Proses Pengecoran

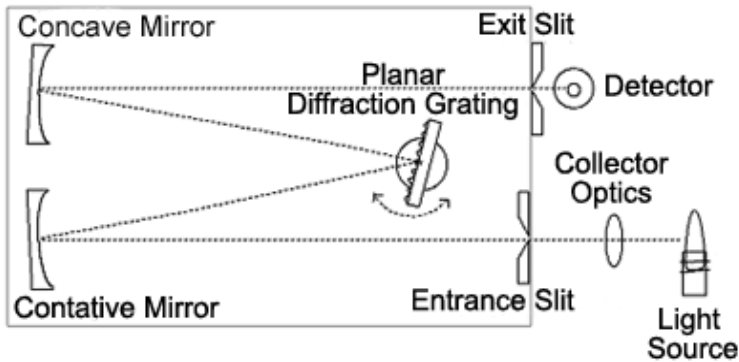
3.6 Proses Pengujian

Penelitian ini dilakukan lima pengujian. Pengujian komposisi dengan OES, pengujian metalografi untuk melihat struktur mikro. Hardness test untuk mengetahui nilai kekerasan. Uji DNV dan Tafel untuk melihat laju korosi dan potensial material. Uji porositas untuk melihat porositas yang terjadi pada specimen hasil coran.

3.6.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia menggunakan *Optical Emission Spectroscopy* (OES), adalah pengujian dengan menembakkan electron pada bidang datar specimen sehingga memantulkan gelombang cahaya yang unik yang dapat ditangkap oleh *receiver* dan sensor yang kemudian dicocokkan dengan database yang ada. Mekanisme OES seperti pada gambar 3.8

OES dapat mengetahui berbagai unsur tergantung dari database yang tersedia. Pengujian OES pada penelitian ini dilakukan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS). Dimensi specimen yang dibutuhkan untuk proses pengujian menggunakan OES yaitu lebar, panjang, dan ketebalan berturut turut 1.5 cm, 1.5 cm, dan 0.5 cm.

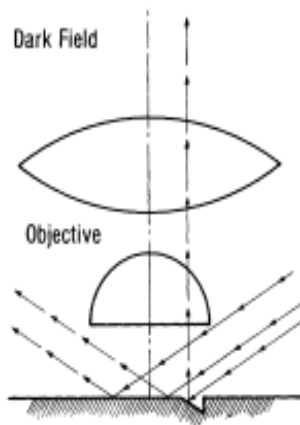


Gambar 3.8 Prinsip Pengujian OES (Boss, 2004)

3.6.2 Pengujian Struktur Mikro

Metalografi adalah suatu metode pengujian untuk melihat struktur logam pada skala mikro. Struktur atau gambar logam yang terlihat melalui pengamatan dengan mikroskop disebut mikrostruktur. Pada gambar ini terlihat daerah lingkup ukuran mikro struktur logam yang umumnya diamati dengan mikroskop. Gambar 3.9 menunjukkan alur sinar dating pada pengamatan metalografi.

Tujuan dilakukannya pengujian metalografi pada penelitian ini adalah melihat struktur yang terbentuk pada specimen hasil pepaduan. Struktur mikro yang terlihat akan dibandingkan dengan diagram fasa paduan. Pengamatan ini dilakukan untuk melihat pengaruh unsur paduan terhadap diagram fasa dan struktur mikro. Pengujian ini menggunakan Metallurgical Microscope OLYMPUS BX51M-RF.



Gambar 3.9 Alur Sinar pada Pengamatan Metalografi
(Kaufmann, 2003)

3.6.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan sebuah material terhadap indentasi dan goresan. Pengujian kekerasan dilakukan berdasarkan ASTM E92 dengan metode Vickers. Alat yang digunakan adalah *Universal Hardness Tester* HBRV-187.5A (lihat gambar 3.10) di Laboratorium Metalurgi Departemen Teknik Material ITS. Beban yang diberikan sebesar 100 kgf dan waktu pembebanan selama 10s. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 3 kali indentasi. Gambar 3.10 menunjukkan mesin *Universal Hardness Tester* HBRV-187.5A.



Gambar 3.10 Mesin Universal *Hardness Tester* HBRV-187.5A

3.6.4 Pengujian Tafel

Pengujian tafel dilakukan guna untuk mengetahui laju korosi yang terjadi pada anoda tumbal dan untuk mengetahui potensial yang ada pada sampel material. Perhitungan laju korosi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (ASTM G102):

1. Menghitung i_{corr}

$$i_{corr} = \frac{I_{corr}}{A} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana:

- i_{corr} : corrosion current density
- I_{corr} : total anodic current
- A : exposed specimen area

2. Menghitung *Equivalent Weight*

$$EW = \frac{W}{n} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana:

- EW : Equivalent Weight
- W : the atomic weight of the element
- n : number of electrons

3. Menghitung *Corrosion Rate*

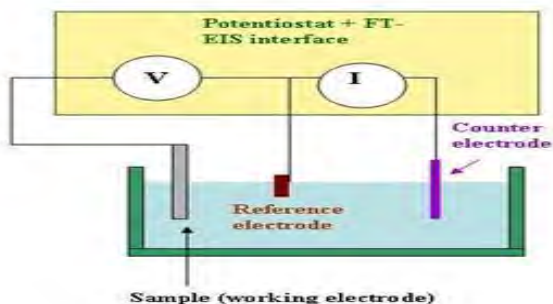
$$CR = k_1 \frac{i_{corr}}{\rho} EW \dots \dots \dots (3.4)$$



Dimana:

- CR : *corrosion rate*
 K_1 : 3.27×10^{-3}
 ρ : *density*
A : *exposed specimen area*

pengujian tafel dilakukan di departemen teknik material ITS. Gambar alat uji tafel dapat dilihat pada gambar 3.11



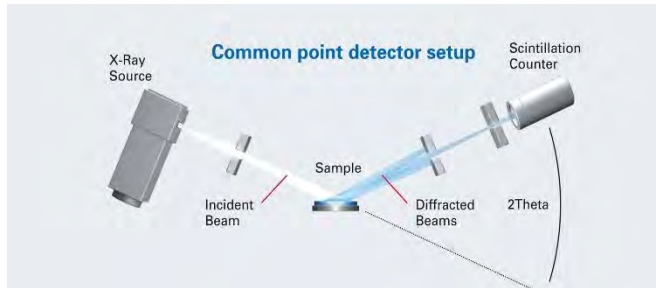
Gambar 3.11 Prinsip Kerja Uji Tafel

3.6.5 Pengujian Fasa

Pengujian fasa dilakukan dengan menggunakan XRD. Analisa difraksi sinar X dilakukan dengan tujuan mengidentifikasi transformasi fasa yang terbentuk pada paduan Al-In-Zn yang sudah terbentuk selama proses melting. Prinsip kerja XRD adalah ketika suatu material dikenai sinar X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan juga penghamburan atom-atom dalam material tersebut. Berkas yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena berbeda fasa dan ada juga yang saling menguatkan karena memiliki fasa yang sama. Berkas sinar yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi. Prinsip kerja XRD dapat dilihat pada gambar 3.12. pengujian XRD dilakukan di departemen teknik



material ITS. Sampel yang digunakan harus memiliki ketinggian tidak lebih dari 4mm.



Gambar 3.12 Prinsip Kerja XRD (Fridawati, 2008)

3.7 Rancangan Kegiatan

Tabel 3.3 Rancangan Penelitian

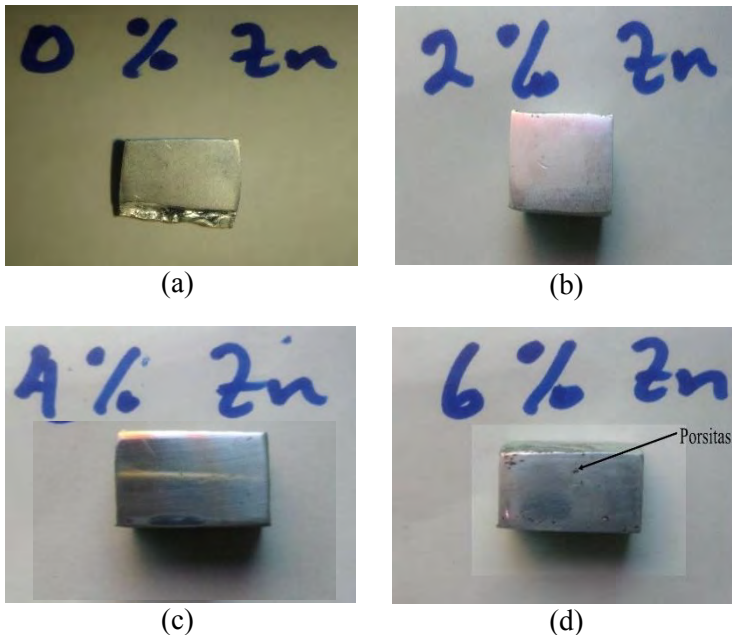
Komposisi Zn (wt%)	Penamaan	Pengujian				
		OES	XRD	Kekerasan	Metalografi	Tafel
0	Al-0,01In	√	√	√	√	√
2	Al-0,01In-2Zn	√	√	√	√	√
4	Al-0,01In-4Zn	√	√	√	√	√
6	Al-0,01In-6Zn	√	√	√	√	√

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengamatan Hasil Peleburan Paduan Al-In-Zn

Hasil peleburan yang dilakukan untuk membentuk paduan paduan Al-In-Zn dapat dilihat pada Gambar 4.1. Warna paduan Al-Zn-In berwarna abu-abu putih, hal ini dikarenakan masing masing dari logam sebelum dipadukan memiliki warna yang hamper sama. Sehingga ketika dipadukan tidak mengalami perubahan warna yang signifikan. Hal ini juga dikarenakan paduan yang dominan adalah aluminium.



Gambar 4.1 Hasil Coran Paduan Al-In-Zn (a) Al-0,01In (b) Al-0,01In-2Zn (c) Al-0,01In-4Zn (d) Al-0,01In-6Zn



Gambar 4.1 (a) menunjukkan hasil coran dari paduan Al-0,01In dengan kadar 99,99% Al dan 0,01% In. Pada gambar 4.1 (b) menunjukkan hasil coran dengan paduan Al-0,01In-2Zn dengan kadar 97,99% Al, 0,01% In, dan 2% Zn. Pada gambar 4.1 (c) menunjukkan hasil coran dari paduan Al-0,01In-4Zn dengan kadar 95,99% Al, 0,01% In, dan 4% Zn. Pada gambar 4.1 (d) menunjukkan hasil coran paduan Al-0,01In-6Zn dengan kadar 93,99% Al, 0,01%In, dan 6% Zn.

Pada gambar di atas dapat dilihat ada sedikit porositas. Porositas yang terbentuk pada hasil coran tersebut tidak banyak dan tidak terlihat jelas. Porositas adalah hal yang tidak diinginkan pada produk hasil coran karena dapat menyebabkan sifat mekanik menurun. Interaksi antara logam dan cetakan dapat mengakibatkan porositas di bawah permukaan aluminium yang dituang dengan cetakan pasir. Gelembung gelembung gas yang terbentuk dicelah cetakan saat kontak dengan logam dan gelembung di dalam logam cair yang terperangkap pada saat dingin akan menjadi pori pori di dalam benda cor. (Sumpena, 2017)

Berdasarkan sumber penyebabnya porositas terbagi menjadi ke dalam 2 jenis, yaitu:

1. Porositas gas
2. Porositas rongga susut (*shrinkage*)

Porositas gas yaitu cacat porositas yang disebabkan oleh gas, porositas gas biasanya berbentuk bulat karena hasil dari presipitasi hydrogen selama pembekuan. (Sejati, 2014)

Salah satu penyebab terbentuknya porositas adalah temperatur yang terlampau tinggi. Temperatur yang terlampau tinggi akan meningkatkan nilai viskositas/keenceran cairan manurun. Nilai viskositas yang turun artinya keenceran akan meningkat sehingga laju cairan akan cepat yang mengakibatkan turbulensi pada cairan. Turbulensi akan menyebabkan gas terjebak di dalam cairan. Semakin rendah viskositas maka kemungkinan turbulensi akan semakin tinggi yang mana kemungkinan gas terjebak akan semakin besar. (Sejati, 2014)



4.2 Komposisi Kimia Paduan Al-In-Zn

Proses peleburan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *raw material ingot* Al 99,7%, In 99,99%, Zn 99,995%. Rancangan komposisi kimia material yang akan dipadukan dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Material Paduan (wt%)

Paduan	Komposisi Rancangan			Komposisi Aktual		
	Al	In	Zn	Al	In	Zn
Al-0,01In	99,99	0,01	0	97,71	0,00961	2,08
Al-0,01In-2Zn	97,99	0,01	2	95,96	0,00995	3,848
Al-0,01In-4Zn	95,99	0,01	4	95,68	0,00881	4,187
Al-0,01In-6Zn	93,99	0,01	6	94,00	0,00578	5,92

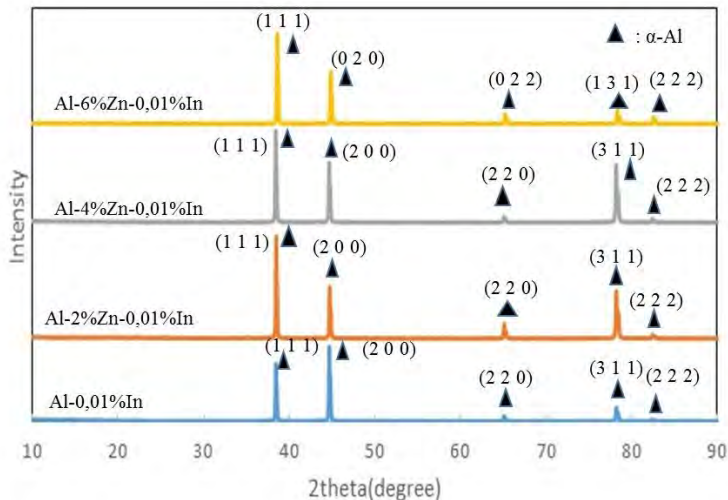
Tabel 4.1 menunjukkan bahwa ada perbedaan antara komposisi rancangan dengan komposisi aktual. Komposisi aktual didapatkan dari hasil pengujian komposisi. Perbedaan ini membuktikan bahwa adanya perbedaan antara teori dengan kenyataan yang terjadi saat melakukan percobaan.

Permukaan cairan logam yang bersinggungan langsung dengan udara sangat cepat terjadi oksidasi yang memungkinkan masuk ke dalam tuangan. (Budyono, 2010)



4.3 Pengujian XRD Hasil Coran Paduan Al-In-Zn

Pengujian XRD dilakukan guna untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk. Sampel untuk pengujian XRD memiliki dimensi 10mm x 10mm dengan tebal 4mm. Pengujian XRD dapat memperlihatkan hasil fasa-fasa yang terbentuk dari hasil coran paduan Al-Zn-In.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian XRD

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada paduan Al-0,01% In *peak* Al muncul pada 2θ 38.471° pada bidang (1 1 1), kemudian pada 2θ 44.719° pada bidang (2 0 0), kemudian pada 2θ 65.094° pada bidang (2 2 0), kemudian pada 2θ 78.226° pada bidang (3 1 1), kemudian pada 2θ 82.433° pada bidang (2 2 2). Fasa aluminium yang muncul ini memiliki struktur kristal *Cubic* sesuai pada PDF 01-089-2769.

Pada paduan Al-0,01% In- 2% Zn *peak* Al muncul pada 2θ 38,473° pada bidang (1 1 1), kemudian pada 2θ 44,740° pada bidang (2 0 0), kemudian pada 2θ 65,135° pada bidang (2 2 0),



kemudian pada 2θ $78,230^\circ$ pada bidang (3 1 1), kemudian pada 2θ $82,438^\circ$ pada bidang (2 2 2), kemudian pada 2θ $99,081^\circ$ (4 0 0), kemudian pada 2θ $112,046^\circ$ pada bidang (3 3 1), kemudian pada 2θ $116,574^\circ$ pada bidang (4 2 0), kemudian pada 2θ $137,463^\circ$ pada bidang (4 2 2). Fasa aluminium yang muncul ini memiliki struktur kristal *cubic* sesuai PDF 00-004-0787

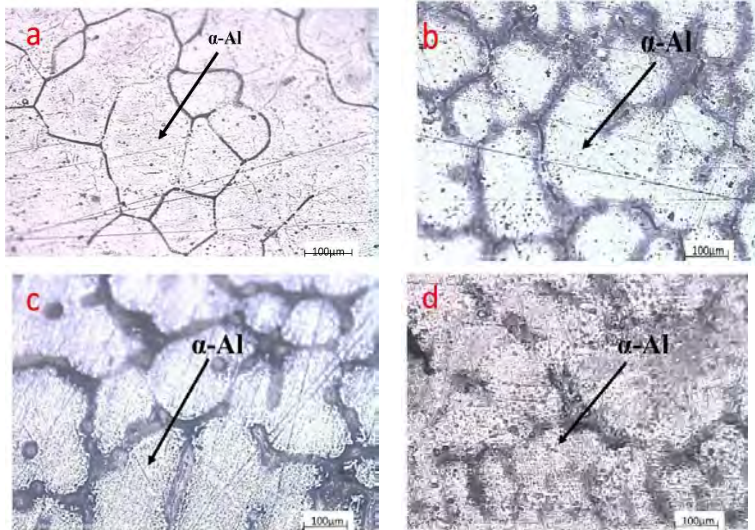
Pada paduan Al-0,01% In- 4% Zn *peak* Al muncul pada 2θ $38,471^\circ$ pada bidang (1 1 1), kemudian pada 2θ $44,719^\circ$ pada bidang (2 0 0), kemudian pada 2θ $65,094^\circ$ pada bidang (2 2 0), kemudian pada 2θ $78,226^\circ$ pada bidang (3 1 1), kemudian pada 2θ $82,433^\circ$ pada bidang (2 2 2). Fasa aluminium yang muncul ini memiliki struktur kristal *cubic* sesuai PDF 01-089-2769

Pada paduan Al-0,01% In- 6% Zn *peak* Al muncul pada 2θ $38,558^\circ$ pada bidang (1 1 1), kemudian pada 2θ $44,821^\circ$ pada bidang (0 2 0), kemudian pada 2θ $65,253^\circ$ pada bidang (0 2 2), kemudian pada 2θ $78,428^\circ$ pada bidang (1 3 1), kemudian pada 2θ $82,650^\circ$ pada bidang (2 2 2). Fasa aluminium yang muncul ini memiliki struktur kristal *cubic* sesuai PDF 96-901-2430.

Fasa yang terbentuk hanya fasa α -Al. dari hasil XRD tidak terlihat adanya fasa Zn. Ini dindikasi bahwa fasa Zn tidak terlihat pada *peak* sehingga yang terbentuk hanya fasa α -Al. seiring meningkatnya Zn dari 1 hingga 5 wt% terlihat intensitas *peak* menurun. Dalam waktu yang bersamaan terlihat *peak* bergeser ke arah sudut yang lebih rendah, yang menandakan peningkatan parameter kisi. Hal ini menandakan fasa Zn bergabung dalam fasa α -Al. (Salinas, 1999)

4.4 Pengujian Metalografi Hasil Coran Paduan Al-In-Zn

Pengujian metalografi dilakukan guna untuk mengetahui perbedaan struktur mikro paduan Al-Zn-In. Dari hasil pengujian metalografi dapat menunjukkan fasa yang terdapat dalam hasil coran paduan Al-Zn-In. hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Metalografi (a) Zn 0% perbesaran 100x (b) Zn 2% perbesaran 100x (c) Zn 4% perbesaran 100x (d) Zn 6% perbesaran 100x

Dari hasil pengujian metalografi, didapatkan hasil gambar yaitu adanya fasa α Al. Fasa α Al ditunjukkan dengan yang berwarna putih. (Shin, 2016)

Pada hasil uji metalografi, tidak ditemukannya Indium, yang dikarenakan Indium kurang dari 0,01% akan terlarut merata dan karena sedikitnya kandungan Indium pada paduan Al-Zn, maka tidak dapat terlihat pada hasil mikrostruktur. (Boroujeny, 2017)

4.5 Pengujian Kekerasan Hasil Coran Paduan Al-In-Zn

Pengujian kekerasan dilakukan guna untuk mengetahui ketahanan material terhadap indentasi. Hasil dari pengujian paduan Al-In-Zn dapat dilihat pada Tabel 4.2. Pengujian kekerasan dilakukan dengan memberi beban 30 kg tiap paduan selama 10

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

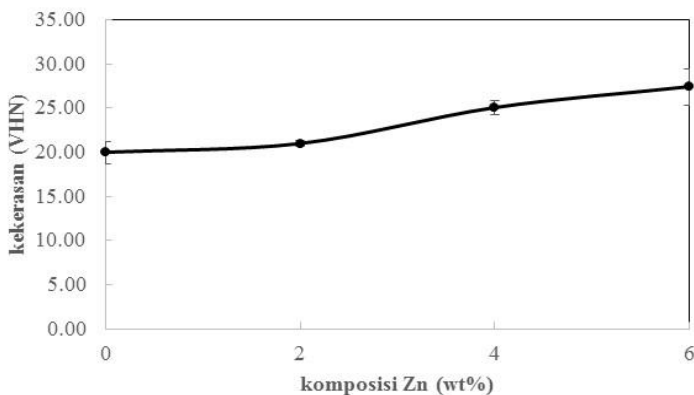


detik. Masing – masing paduan diuji pada 3 titik untuk mendapatkan rata-rata kekerasan. Dari masing – masing paduan dilakukan perhitungan rata-rata kekerasan setiap paduan Al-In-Zn.

Tabel 4.2 Nilai Kekerasan Paduan Al-In-Zn

No	Paduan	Hardness (HV)
1	Al-0,01In	19,9667±1.3
2	Al-0,01In-2Zn	20,9667±0.3
3	Al-0,01In-4Zn	25,0333±0.8
4	Al-0,01In-6Zn	27,4±2.1

Paduan Al-0,01In memiliki kekerasan vickers rata-rata sebesar 19,9667 VHN. Paduan Al-0,01In-2Zn memiliki kekerasan Vickers rata-rata sebesar 20,9667 VHN. Paduan Al-0,01In-4Zn memiliki kekerasan vicker rata-rata sebesar 25,0333 VHN. Paduan Al-0,01In-6Zn memiliki kekerasan Vickers sebesar 27,4 VHN.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Penambahan Unsur Zn Terhadap Nilai kekerasan Paduan Al-In-Zn

Gambar 4.4 menunjukkan hasil dari uji kekerasan dengan pengaruh penambahan unsur Zn terhadap paduan Al-In-Zn. Dari grafik dapat dilihat kenaikan kekerasan yang berbanding lurus



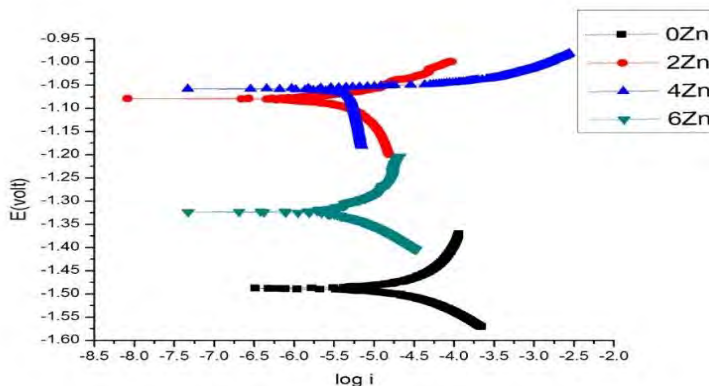
dengan adanya penambahan unsur Zn. Semakin banyak unsur Zn yang ditambahkan, akan semakin besar kekerasan yang dimiliki paduan Al-In-Zn.

Karena jumlah Zn meningkat, fraksi daerah batas butir di al-Zn berbasis alloy yang dikembangkan juga meningkat secara signifikan, mengubah sifat mekanik alloys sebagai hasilnya. Kekerasan Vickers dari paduan meningkat dengan meningkatnya konten Zn. (Shin, 2016)

Penambahan Zn dalam paduan Aluminium secara signifikan menaikkan kekuatan dan menurunkan keuletan. Peningkatan kekuatan semakin besar dengan penambahan Zn, yang diikuti dengan penurunan keuletan. Hal ini terjadi melalui mekanisme *solid solution strengthening*, dimana Zn terlarut sebagai substitusi pada kisi atom aluminium. Perbedaan jari-jari atom aluminium dan seng yaitu, 0.143 nm dan 0.133 nm, menyebabkan terjadinya regangan kisi dengan kehadiran Zn yang kemudian meningkatkan kekuatan. (Sofyan, 2008)

4.6 Pengujian Tafel Hasil Coran Paduan Al-In-Zn

Pengujian tafel dapat menghasilkan laju korosi dari setiap hasil coran paduan Al-In-Zn. Sampel yang digunakan untuk melakukan pengujian tafel memiliki luar permukaan 10mm x 10mm. Sampel yang digunakan dibalut dengan isolasi agar sampel yang dicelupkan seluas 10mm x 10mm.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Tafel Dengan Penambahan Unsur Zn

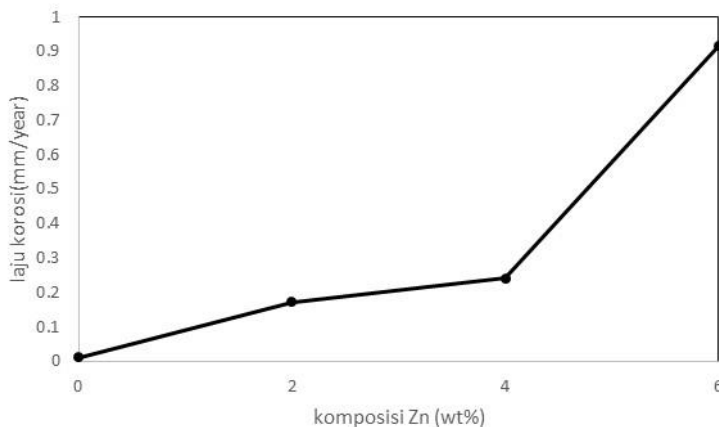
Gambar 4.5 menunjukkan hasil dari grafik uji tafel yang telah digabungkan. Dari gambar dapat dilihat posisi garfik dari setiap paduan. Dari Gambar 4 dapat dilihat garis yang ke atas merupakan grafik *anodic* dan garis ke bawah merupakan garis *katodic*.

Tabel 4.3 Hasil Uji Tafel Paduan Al-Zn-In

Material	Ecorr (volt)	Icorr (Amps/ cm ²)	Corrosion Rate (mm/year)
Al-0,01%In	-1,4876	$3,4854 \times 10^{-7}$	0,011812
Al-0,01%In- 2%Zn	-1.0412	$5,0483 \times 10^{-6}$	0,17109
Al-0,01%In- 4%Zn	-1.0579	$7,1204 \times 10^{-6}$	0,24131
Al-0,01%In- 6%Zn	-1.3234	$2,7027 \times 10^{-5}$	0,91594



Pada Tabel 4.3 didapatkan yaitu grafik paduan hasil peleburan tanpa penambahan Zn memiliki E_{corr} -1.4876 Volt. Grafik dengan penambahan Zn 2% memiliki E_{corr} -1.0412 Volt. Grafik dengan penambahan Zn 4% memiliki E_{corr} -1.0579 Volt. Grafik penambahan Zn 6% memiliki E_{corr} -1.3234 Volt.



Gambar 4.6 Grafik Laju Korosi

Gambar 4.6 menunjukkan grafik hasil dari uji tafel dengan pengaruh penambahan unsur Zn terhadap paduan Al-In-Zn. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat perbedaan dimana hasil dari penambahan 0% Zn menghasilkan *corrosion rate* sebesar 0,011812 (mm/year), 2% Zn menghasilkan *corrosion rate* sebesar 0,17109 (mm/year), 4% Zn menghasilkan *corrosion rate* sebesar 0,24131 (mm/year), dan 6% Zn menghasilkan *corrosion rate* sebesar 0,91594 (mm/year).

Paduan aluminium dengan penambahan seng akan mencegah terbentuknya lapisan oksida merata pada permukaan aluminium yang dapat membatasi arus galvanic antara anoda dan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



katoda. Penambahan komposisi seng sampai dengan 5% akan menghasilkan potensial proteksi yang lebih negative. Dari penjelasan ini diketahui bahwa laju korosi paduan aluminium lebih besar daripada laju korosi paduan seng (Afriani, 2014)

Pada percobaan yang pernah dilakukan oleh Tai Ming Tsai dengan perbedaan penambahan *Zinc* dan *Indium* pada paduan 1 yaitu Zn 3,5%, In 0,01%, paduan 2 yaitu Zn 3,5%, In 0,03%, paduan 3 yaitu Zn 3,5%, In 0,05%, paduan 4 yaitu Zn 2,0%, In 0,03%, paduan 5 yaitu Zn 5%, In 0,03%. Dari hasil pengujian yang dilakukan Tai Ming Tsai, didapatkan hasil yang paling efektif yaitu paduan 3 dengan komposisi Zn 3,5% dan In 0,05%. Penambahan Indium dengan jumlah yang kecil pada paduan Al-Zn-In dapat sangat bermanfaat. (Tsai, 1996)



(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Penambahan komposisi Zinc pada proses pembuatan anoda tumbal dapat mengubah setiap struktur mikro. Dimana semakin banyak Zinc yang diberikan, maka akan semakin kecil fasa yang dimiliki aluminium
2. Penambahan Zinc terhadap potensial dan laju korosi sangat berpengaruh, dimana semakin banyak kadar Zinc yang diberikan, maka akan semakin meningkat laju korosi yang terjadi pada anoda tumbal.

5.2 Saran

1. Melakukan penelitian anoda tumbal dengan metode pengecoran lain.
2. Penggunaan variabel dengan perbedaan yang signifikan dengan penggunaan data yang lebih banyak untuk menemukan data yang lebih tepat.



(halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, F. (2014). Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal untuk Mengendalikan Laju Korosi. *Jom FTEKNIK Volume 1 No.2*.
- Ampak. (1994). *Sacrificial Anode*.
- Ananda, S. (2017). Penetapan Kadar Seng dalam Seng Sulfat.
- Bessone, J. (2005). Comprehensive model for the activation mechanism of Al-Zn alloys produced by indium. *corrosion science* 47, 95-105.
- Boroujeny, S. (2017). Effects of SIMA (Strain Induced Melt Activation) on Microstructure and Electrochemical Behavior of Al-Zn-In Sacrificial Anodes.
- Budyono, A. (2010). Peningkatan Sifat Mekanis Sekrap Aluminium dengan Degassing.
- Chodijah, S. (2008). Efektifitas Penggunaan Pelapis Epoksi Terhadap Ketahanan Korosi Pipa Baja ASTM A53 Didalam Tanah.
- Fridawati, M. (2008). Analisa Struktur Kristal Dari Lapisan Tipis Aluminium (Al) Dengan Metode Difraksi Sinar-X.
- Hafizh, A. (2009). Aluminium Murni dan Paduannya.
- Iswanto, T. (2011). Efektivitas Penggunaan Proteksi Katodik Arus Tanding. *Skripsi*.



- K. Roziqin, H. P. (2012). pengaruh model sistem saluran pada proses pengecoran aluminium daur ulang terhadap struktur mikro dan kekerasan coran pulli diameter 76mm dengan cetakan pasir. *momentum*, 33-39.
- Lehto, R. S. (1968). *Zinc*. New York: Reinhold Book Corporation.
- Manufaktur, T. D. (2009). *proses manufaktur*. Universitas Wijaya Putra.
- Misbah, N. (2012). Analisis Pengaruh Salinitas dan Suhu Air Laut Terhadap Laju Korosi Baja A36 Pada Pengelasan SMAW. *Jurnal Teknik ITS*.
- Mursidi, H. (2013). *teknologi mekanik 2*. Cimahi: kementerian pendidikan dan kebudayaan.
- Rao, P. (2001). *Manufacturing Technology Foundry, Forming, and Welding*. malaysia: McGraw Hill Book Company.
- Rizqi, A. K. (2012). Teknologi Bahan Diagram Fasa.
- Ryzki Martha Anjani, R. D. (2012). konsep unsur-unsur golongan IIIA.
- Salinas, D. R. (1999). Influence of Alloying Elements and Microstructure on Aluminium Sacrificial Anode Performance: Case of Al-Zn. *Electrochemistry*.
- Sasono, E. J. (2010). efektifitas penggunaan anoda korban paduan aluminium pada pelat baja kapal AISI E 2512 terhadap laju korosi di dalam media air laut.
-



- Sejati, P. A. (2014). Kajian Pengaruh Temperatur, Pore Free Die Casting dan Degasser Terhadap Porositas pada Material Aluminium Die Casting.
- Shin, S.-S. (2016). Characteristics and Microstructure of Newly Designed Al-Zn Based Alloys for The Die-Casting Process. *Alloys and Compounds*.
- Singh, S. (2016). a review on optimization of gating system in metal casting. *impact journals*, 21-26.
- Sofyan, B. T. (2008). peran 1 dan 9 wt% Zn dalam proses pengerasan presipitasi paduan aluminium AA319.
- Sumaryanto. (2013). *konsep dasar kapal*. jakarta: kementerian pendidikan dan kebudayaan republik Indonesia.
- Sumpena. (2017). Pengaruh Paduan Serbuk Fe 12% pada Aluminium terhadap Porositas dan Struktur Mikro dengan Metode Gravity Casting. *engine*, 20-25.
- Surdia, T. (1986). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Syarifa, S. (2017). aluminium dan senyawa senyawanya.
- Trethewey, K. R. (1991). *Korosi untuk mahasiswa sains dan rekayasa*. jakarta: gramedia.
- Tsai, T.-M. (1996). PROTECTION OF STEEL USING ALUMINUM SACRIFICIAL ANODES IN ARTIFICIAL SEAWATER. *marine science and technology vol 4*.
-



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

Widharto, S. (2001). *Karat dan Pencegahannya*. Jakarta: Pradnya
Paramita.



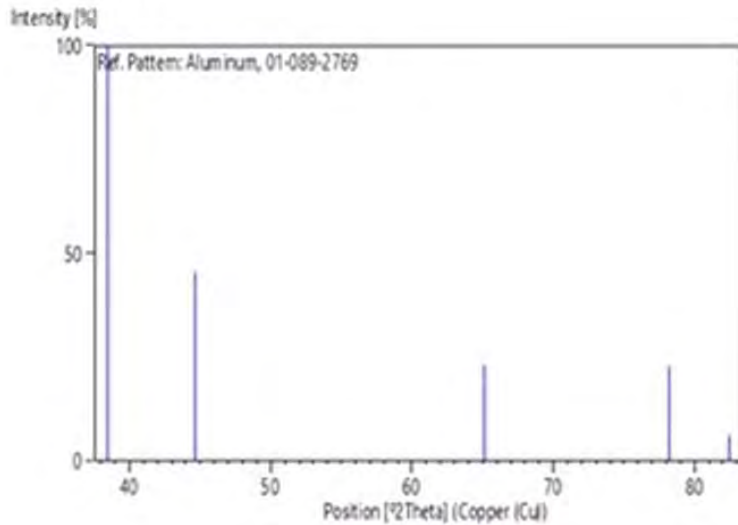
LAMPIRAN

1. Hasil Pengujian XRD Paduan Al-0,01%In

Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta(deg)	I (%)
1	1	1	1	2.33813	38.471	100.0
2	2	0	0	2.02488	44.719	45.4
3	2	2	0	1.43180	65.094	22.9
4	3	1	1	1.22105	78.226	22.6
5	2	2	2	1.16906	82.433	6.2

Stick Pattern





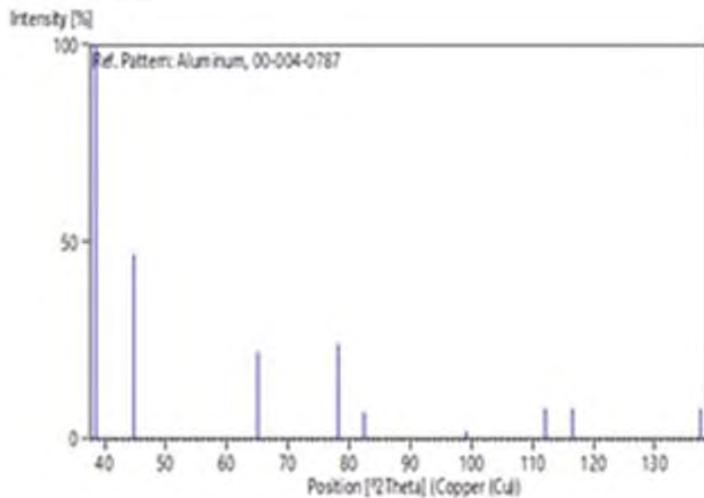
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

Paduan Al-2%Zn-0,01%In

Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I (%)
1	1	1	1	2.33800	38.473	100.0
2	2	0	0	2.02400	44.740	47.0
3	2	2	0	1.43100	65.135	22.0
4	3	1	1	1.22100	78.230	24.0
5	2	2	2	1.16900	82.438	7.0
6	4	0	0	1.01240	99.081	2.0
7	3	3	1	0.92890	112.046	8.0
8	4	2	0	0.90550	116.574	8.0
9	4	2	2	0.82660	137.463	8.0

Stick Pattern



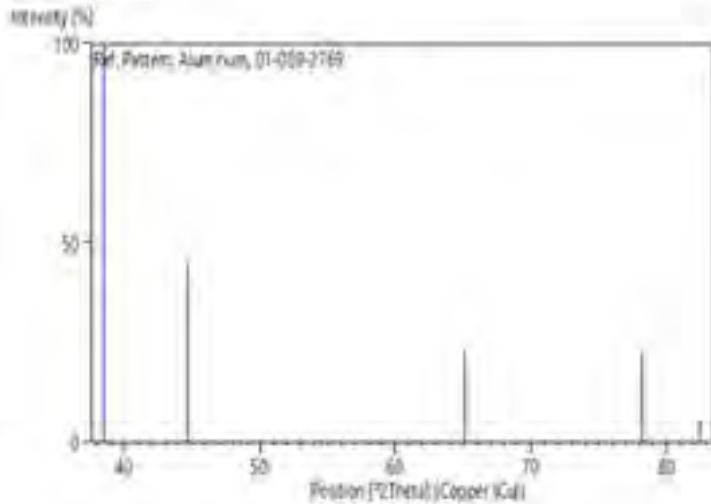


Paduan Al-4%Zn-0,01%In

Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta(deg)	I (%)
1	1	1	1	2.33813	35.471	100.0
2	2	0	0	2.02469	44.719	48.4
3	2	2	0	1.48180	65.094	22.9
4	3	2	1	1.22103	76.226	22.6
5	4	2	2	1.16906	82.433	6.2

Stick Pattern





Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

Paduan Al-6%Zn-0,01%In

Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I (%)
1	1	1	1	2.33307	38.558	100.0
2	0	2	0	2.02050	44.821	47.7
3	0	2	2	1.42871	65.253	28.8
4	1	3	1	1.21841	78.428	32.0
5	2	2	2	1.16654	82.650	9.2



BIODATA PENULIS



Penulis bernama Choirul Zakie Fayakun. Lahir di Bontang pada tanggal 12 Januari 1996 dari ayah bernama Sugiono dan ibu bernama Helzy Hafida. Penulis adalah anak ketiga dari 3 bersaudara yang pernah menempuh Pendidikan di TK Yayasan Pupuk Kaltim Bontang, lalu SD-2 Yayasan Pupuk Kaltim Bontang, lalu SMP Yayasan Pupuk Kaltim Bontang, lalu SMA Yayasan Pupuk Kaltim Bontang dan melanjutkan Pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS melalui jalur PKM 2014.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan di kampus antara lain staff Badan Semi Otonom Minat Bakat 2015/2016 dan wakil direktur Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS 2016/2017, Panitia OKKBK 2015 dan beberapa kepanitiaan pelatihan di kampus. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan seperti Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar, Pelatihan Manajemen Organisasi HMMT ITS, Pelatihan Elemen Pengkader ITS dan pelatihan lainnya yang diselenggarakan di kampus. Penulis juga pernah melakukan kerja praktik di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang selama satu bulan.

Tugas akhir yang diambil penulis dalam korosi dan analisa kegagalan yaitu “PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR ZINC (Zn) 0%, 2%, 4%, DAN 6% TERHADAP SIFAT KOROSIF DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM-INDIUM-ZINC (Al-In-Zn) PADA APLIKASI ANODA TUMBAL KAPAL”. Kontak penulis yang bisa dihubungi adalah 082236643322, dan *email*: fayakunzakie@gmail.com



(halaman ini sengaja dikosongkan)